



Σχολή  
Μηχανικών  
Παραγωγής &  
Διοίκησης

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ, 73100 ΧΑΝΙΑ, ΚΡΗΤΗ

---

# Πρακτικές εφαρμογές γεωθερμίας σε κτηριακές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα

Βασίλειος Μαρούδης

**Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων**

Χανιά Οκτώβριος 2014

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάλυση της τεχνικής μελέτης, της διαδικασίας εγκατάστασης και στη συνέχεια η αξιολόγηση της απόδοσης, γεωθερμικών συστημάτων σε κτήρια. Στην εκπόνηση της εργασίας έχει συμβάλει η εμπειρία και τα δεδομένα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια πρακτικής άσκησης η οποία έλαβε χώρα στην εταιρεία Ergon Equipment. Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας γίνεται αρχικά εισαγωγή στην γεωθερμία και τις δυνατότητες εφαρμογής για παραγωγή ενέργειας σε οικιστικές εφαρμογές. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία μελέτης και εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων σε κτήρια με σκοπό τη θέρμανση – δροσισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται εκτενώς οι υλοποιημένες μελέτες εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων σε μία οικία και ένα ξενοδοχείο. Μετά από επεξεργασία των στοιχείων τα οποία συνελέχθησαν από τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κατά τη διάρκεια λειτουργίας των συστημάτων, εξάγονται συμπεράσματα για τη δυνατότητα απόσβεσης της αρχικής επένδυσης.

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Παπαευθυμίου Σπυρίδων για την καθοδήγηση και την πολύτιμη συμβολή του σε όλες τις φάσεις δημιουργίας της. Η ιδέα για το συγκεκριμένο θέμα της διπλωματικής εργασίας προήλθε κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην εταιρία Ergon Equipment. Θέλω να ευχαριστήσω θερμά την εταιρία και συγκεκριμένα τους: Αίγλη Χατζηανδρέου, Κωνσταντίνο Αβαρικήωτη και Παναγιώτη Σαλματάνη για τις πληροφορίες ,το υλικό που μου παρείχαν αλλά και για τη γνώση που μου μεταλαμπάδευσαν. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου που όλα αυτά τα χρόνια με στηρίζουν οικονομικά και ηθικά διαμορφώνοντας γύρω μου ένα περιβάλλον άνετο για να επεκτείνω τις γνώσεις μου και να προοδεύσω.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή στη γεωθερμία .....	5
1.1 Ορισμός κανονικής γεωθερμίας .....	6
1.2 Κατάταξη γεωθερμικών συστημάτων .....	6
1.3 Γεωθερμικά πεδία .....	7
1.4 Τεχνολογία εντοπισμού γεωθερμίας .....	9
1.5 Ιστορική αναδρομή - Πρώτες εφαρμογές .....	10
1.6 Σύγχρονες εφαρμογές .....	12
1.7 Αβαθής Γεωθερμία .....	16
1.7.1 Συστήματα Εναλλακτών .....	18
1.7.2 Αντλίες Θερμότητας .....	22
2. Διαδικασία μελέτης .....	27
2.1 Ισχύον νομοθετικό πλαίσιο .....	28
2.2 Χωροθέτηση Ελλάδος σε γεωθερμικά πεδία .....	29
2.2.1 Βάση δεδομένων και G.I.S. ....	29
2.2.2 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών πεδίων .....	30
2.2.3 Θερμοκρασία ρευστών .....	31
2.2.4 Αλατότητα .....	32
2.2.5 Γεωτρήσεις – Βεβαιωμένα αποθέματα .....	34
2.2.6 Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας .....	38
2.2.7 Συμπεράσματα .....	41
2.3 Προϋποθέσεις –Καθορισμός γεωλογίας .....	43
2.4 Μελέτη θερμικών απωλειών κτηρίου .....	44
2.5 Διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας .....	46
3. Μελέτες πραγματικών εγκαταστάσεων .....	47
3.1. Εγκατάσταση Συστήματος Γεωθερμίας σε οικία στη Βυτίνα Αρκαδίας .....	48
3.1.1 Συνοπτικά τεχνικά στοιχεία εγκατάσταση .....	48
3.1.2 Συνοπτική λειτουργία συστήματος θέρμανσης- ψύξης-ZNX στην οικία .....	53
3.1.3 Εκτίμηση καταναλώσεων και αναφορά μετρήσεων .....	56
3.1.4 Αναλυτικά στοιχεία .....	57
3.1.5 Φωτογραφικό υλικό.....	64

3.2 Εγκατάσταση Συστήματος Γεωθερμίας στο ξενοδοχείο ΑΜΑΛΙΑ στο Ναύπλιο.....	66
4. Συμπεράσματα .....	74
4.1.1 Αποτελέσματα οικίας στη Βυτίνα Αρκαδίας .....	75
4.1.2 Αποτελέσματα ξενοδοχείου Αμαλία στο Ναύπλιο .....	76
4.1.3 Συνοπτικά αποτελέσματα συστήματος γεωθερμίας σε πτηνοτροφική μονάδα στη Χαλκίδα.....	77
4.2 Προβλήματα και πλεονεκτήματα .....	77
Βιβλιογραφία .....	83
Παράρτημα .....	88

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

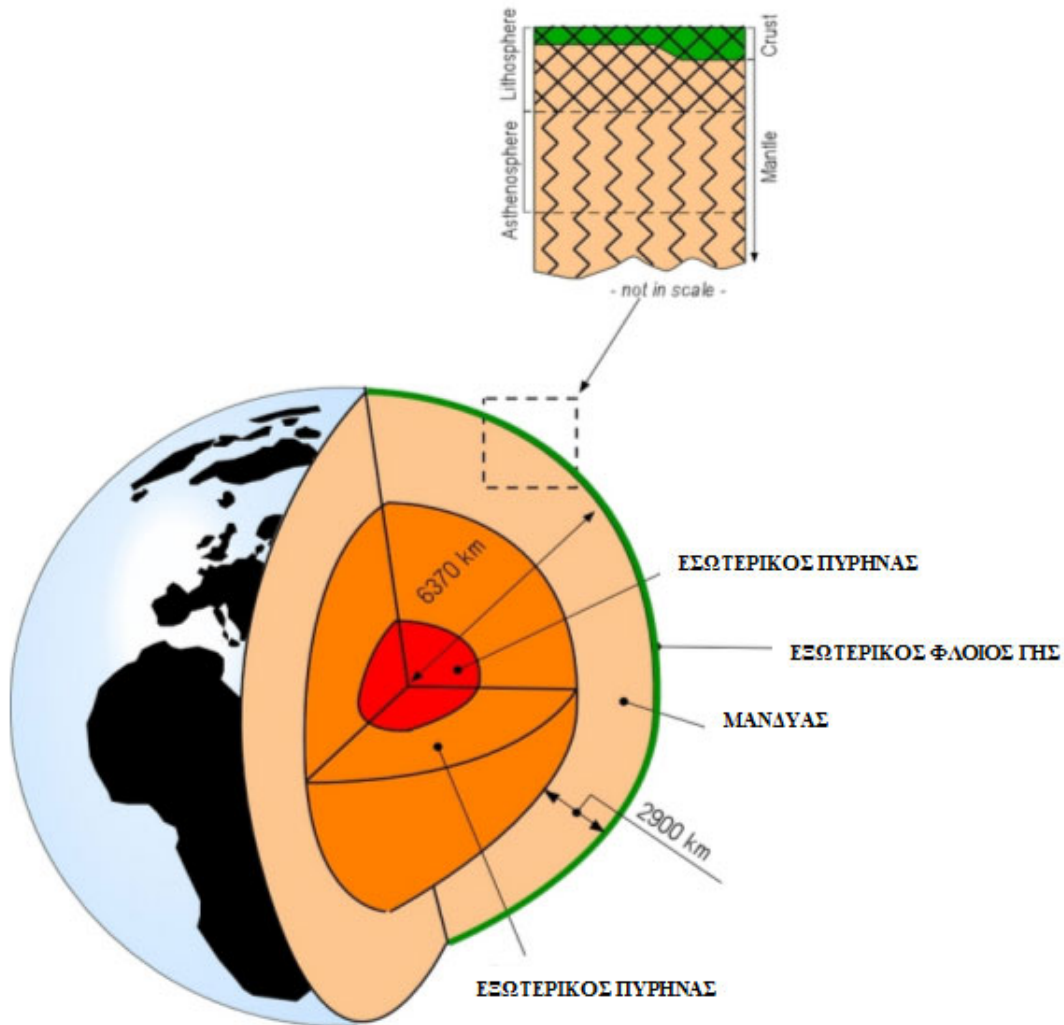
## Εισαγωγή στη γεωθερμία

---

*Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια εισαγωγή στην γεωθερμική ενέργεια και τις εφαρμογές της.*

## 1.1 Ορισμός Κανονικής γεωθερμίας

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης με μορφή νερών, ατμών, αερίων ή μειγμάτων αυτών ή ακόμη και ως ενέργεια από τα πετρώματα και αποτελεί μία σημαντική Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.) Είναι η φυσική ενέργεια της γης που διαρρέει το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Εσωτερικό γης [1]

## 1.2 Κατάταξη Γεωθερμικών συστημάτων

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας, αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά.

- Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων που περιγράφονται συνοπτικά ως εξής:

α) Τα υδροθερμικά συστήματα ή πόροι, δηλαδή τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά που βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμειυτήρες, θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται.

β) Αβαθής γεωθερμία (earth energy), κατά την οποία λαμβάνονται (ή και απορρίπτονται) ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100 m από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών ή νερών από λίμνες, ποτάμια και τη θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας.

γ) Τα προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα (enhanced geothermal systems) αναφέρονται στα θερμά πετρώματα σε βάθος από 2 μέχρι 10 χιλιομέτρων, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται αρκετά θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων.

δ) Τα γεωπεπιεσμένα συστήματα (geopressured systems) αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική.

ε) Τα μαγματικά συστήματα (magma systems) αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος.

- Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

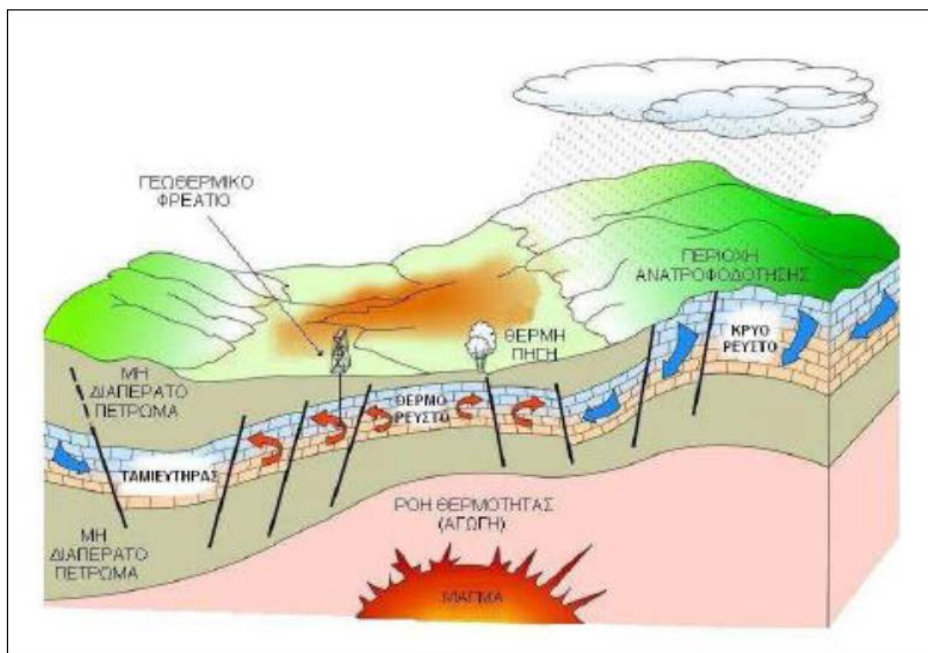
α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,04 - 0,06 W/m<sup>2</sup>

β) Με ρεύματα μεταφοράς που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα σύνορα των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

### 1.3 Γεωθερμικά πεδία

Σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα παρουσιάζεται το φαινόμενο διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε τυχόν υδροφόρους σχηματισμούς της περιοχής. Τα νερά θερμαίνονται και κυκλοφορούν μέσα στα πετρώματα φθάνοντας σε πολλές περιπτώσεις μέχρι την επιφάνεια, αφού προηγουμένως έχουν εμπλουτιστεί από άλατα των πετρωμάτων (θερμές πηγές, ατμίδες) , ενώ κάποιες άλλες φορές τα νερά εγκλωβίζονται σε μη υδατοπερατά πετρώματα και αποκτούν θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 350 °C





**ΕΙΚΟΝΑ 2:** Σχηματική αναπαράσταση ενός ιδανικού γεωθερμικού συστήματος [1]

Οι περιοχές της γης όπου υπάρχουν γεωθερμικά ρευστά (δηλαδή νερό, αέρια ή μίγμα νερού και αερίων) σε ικανοποιητική ποσότητα, θερμοκρασία και βάθος ονομάζονται γεωθερμικά πεδία. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό επίπεδό τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- i. Υψηλής Ενθαλπίας (>150 °C) που χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρισμού.
- ii. Μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρεον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).
- iii. Χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80°C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού. Η ενθαλπία, η οποία σε γενικές γραμμές θεωρείται ότι είναι ανάλογη της θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται για να εκφράσει την περιεχόμενη θερμική ενέργεια των ρευστών και δίνει μια γενική εικόνα της ενεργειακής αξία τους. Η Ελλάδα είναι πολύ ευνοημένη γεωθερμικά, πεδία μέσης και υψηλής ενθαλπίας έχουν εντοπιστεί στο Αιγαίο, στη Μακεδονία και στη Θράκη.

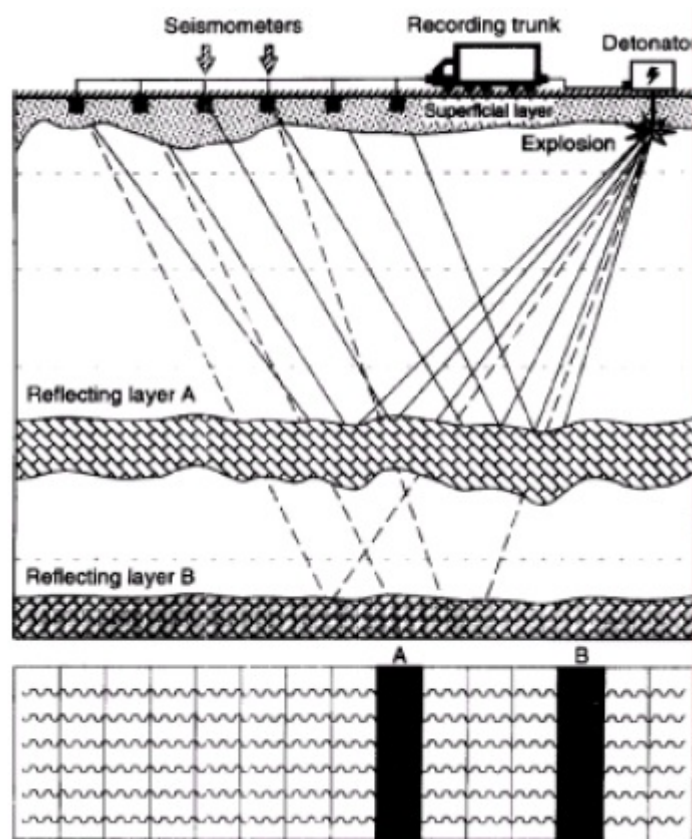


**EΙΚΟΝΑ 3:** Γεωθερμικά πεδία στον Ελλαδικό χώρο [2]

## 1.4 Τεχνολογία εντοπισμού γεωθερμίας

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την εξαγωγή της υδροθερμικής γεωθερμίας, είναι παρόμοια με εκείνη που έχει αναπτυχθεί για τον εντοπισμό και την εξόρυξη των πετρελαϊκών κοιτασμάτων. Αυτή όμως η τεχνολογία είναι συχνά αδόκιμη για τις υψηλές θερμοκρασίες, τα σκληρά πετρώματα, και τα ρευστά με την υψηλή διαβρωτική ικανότητα που βρίσκονται στο εχθρικό γεωθερμικό πεδίο. Η τεχνολογία του ταμειυτήρα απαιτεί τεχνικές και μεθόδους για τον χαρακτηρισμό και την ανάπτυξη των γεωθερμικών πεδίων που θα γειώσουν την ακόμα υπάρχουσα δυσκολία από μεγάλης κλίμακας αβεβαιότητες στην εκτίμηση της παραγωγικότητας και βιωσιμότητας ενός ταμειυτήρα, καθώς και στην εκτίμηση της έκτασης των αποθεμάτων ενός πεδίου. Αυτές οι αβεβαιότητες μπορεί να οδηγήσουν σε υπεράντληση ενός πεδίου και πρόωρη απώλεια πίεσης και παραγωγής. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται απαιτούν συνδυασμό εργαστηριακών και ανάλυδων μεθόδων καθώς και πειραμάτων πεδίου. Η ανάπτυξη μιας γεωθερμικής πηγής προϋποθέτει τον εντοπισμό και εξακρίβωση της ύπαρξης οικονομικά αξιοποιήσιμου κοιτάσματος, προσδιορισμό θερμοκρασίας, βάθους και όγκου. Στην συνέχεια ακολουθεί δοκιμαστική γεώτρηση και παραγωγή για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του

κοιτάσματος. Αν το κοιτάσμα κριθεί κατάλληλο, αρχίζει η ανάπτυξη του πεδίου. Η γεωμετρία και οι φυσικές ιδιότητες του κοιτάσματος μοντελοποιούνται, αναπτύσσεται δηλαδή ένα μαθηματικό μοντέλο που προσομοιάζει το υπό εξέταση κοιτάσμα και με το μοντέλο αυτό αναλύονται αλλαγές στα ρευστά του κοιτάσματος και των γύρω στρωμάτων και γίνεται πρόβλεψη για την μακροχρόνια συμπεριφορά του κοιτάσματος. Η ολοκλήρωση του έργου περιλαμβάνει την δημιουργία μιας σειράς από γεωτρήσεις για την άντληση του κοιτάσματος, αλλά και για την επαναεισαγωγή του αλμολοίπου.



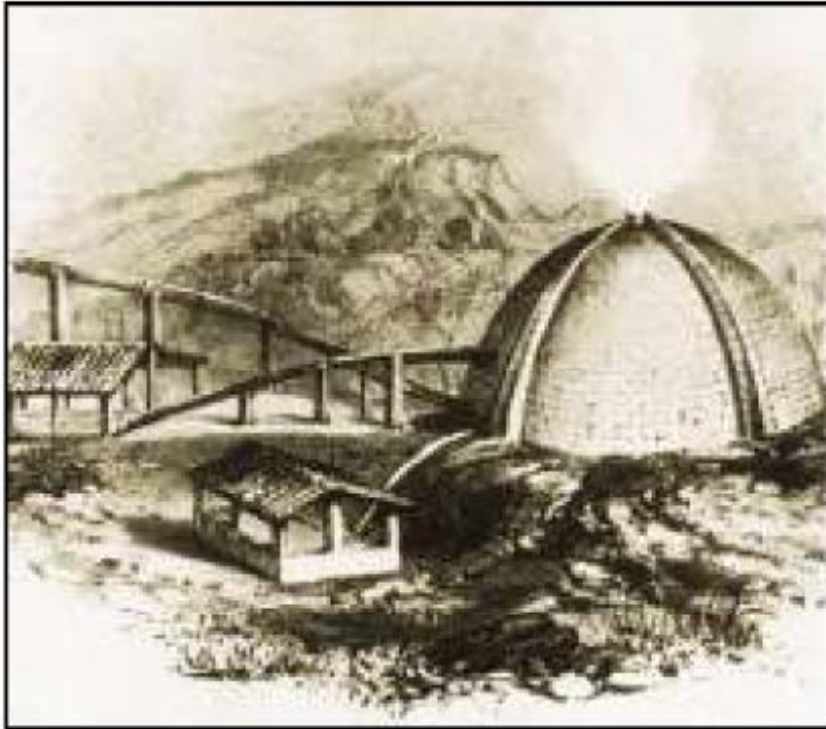
**ΕΙΚΟΝΑ 4:** Σχηματικό διάγραμμα σεισμικής έρευνας.

## 1.5 Ιστορική αναδρομή - Πρώτες εφαρμογές

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Εκείνη την περίοδο, στην Τοσκάνη της Ιταλίας, και συγκεκριμένα στην περιοχή του Larderello, λειτουργούσε μια χημική βιομηχανία για την παραγωγή βορικού οξέος από τα βοριούχα θερμά νερά που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις.

Η παραγωγή του βορικού οξέος γινόταν με εξάτμιση των βοριούχων νερών μέσα σε σιδερένιους λέβητες, χρησιμοποιώντας ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα κοντινά δάση. Το 1827, ο Francesco Larderel, ιδρυτής

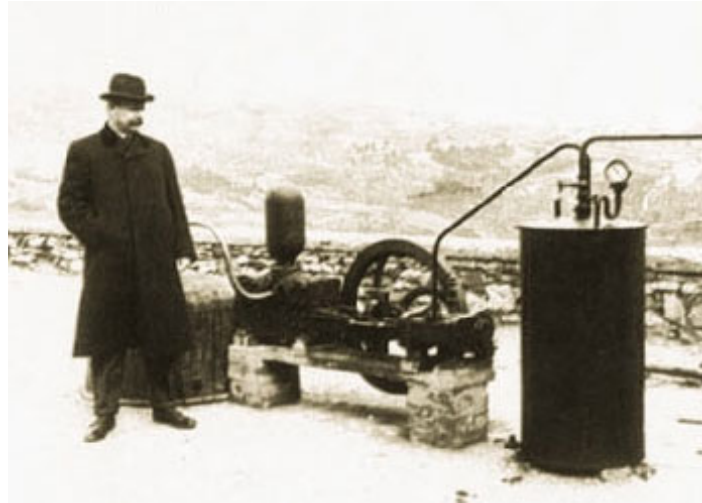
της βιομηχανίας αυτής προτίμησε αντί να καίγονται ξύλα από τα διαρκώς αποφιλωμένα δάση της περιοχής να αναπτύξει ένα σύστημα για τη χρήση της θερμότητας των βριοιούχων ρευστών στη διαδικασία εξάτμισης.



**ΕΙΚΟΝΑ 5:** Σύστημα για τη χρήση της θερμότητας των βριοιούχων ρευστών στην διάρκεια της εξάτμισης από τον Francesco Lardel το 1827 στην περιοχή του Lardello [1]

Η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του φυσικού ατμού ξεκίνησε περίπου την ίδια περίοδο. Ο γεωθερμικός ατμός χρησιμοποιήθηκε για την ανέλκυση των ρευστών, αρχικά με κάποιους πρωτόγονους αέριους ανυψωτήρες και στη συνέχεια με παλινδρομικές και φυγοκεντρικές αντλίες και βαρούλκα.

Το 1892, το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλεθέρμανσης τέθηκε σε λειτουργία στο Boise του Αϊντάχο των Η.Π.Α. Το 1928, μια άλλη πρωτοπόρος χώρα στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η Ισλανδία, ξεκίνησε επίσης την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών (κυρίως θερμών νερών) για τη θέρμανση κατοικιών. Το 1904, έγινε η πρώτη απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό, και πάλι στο Larderello της Ιταλίας. Το 1942, η εγκατεστημένη γεωθερμοηλεκτρική ισχύς ανερχόταν στα 127.650 kWe. Σύντομα, πολλές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα της Ιταλίας.

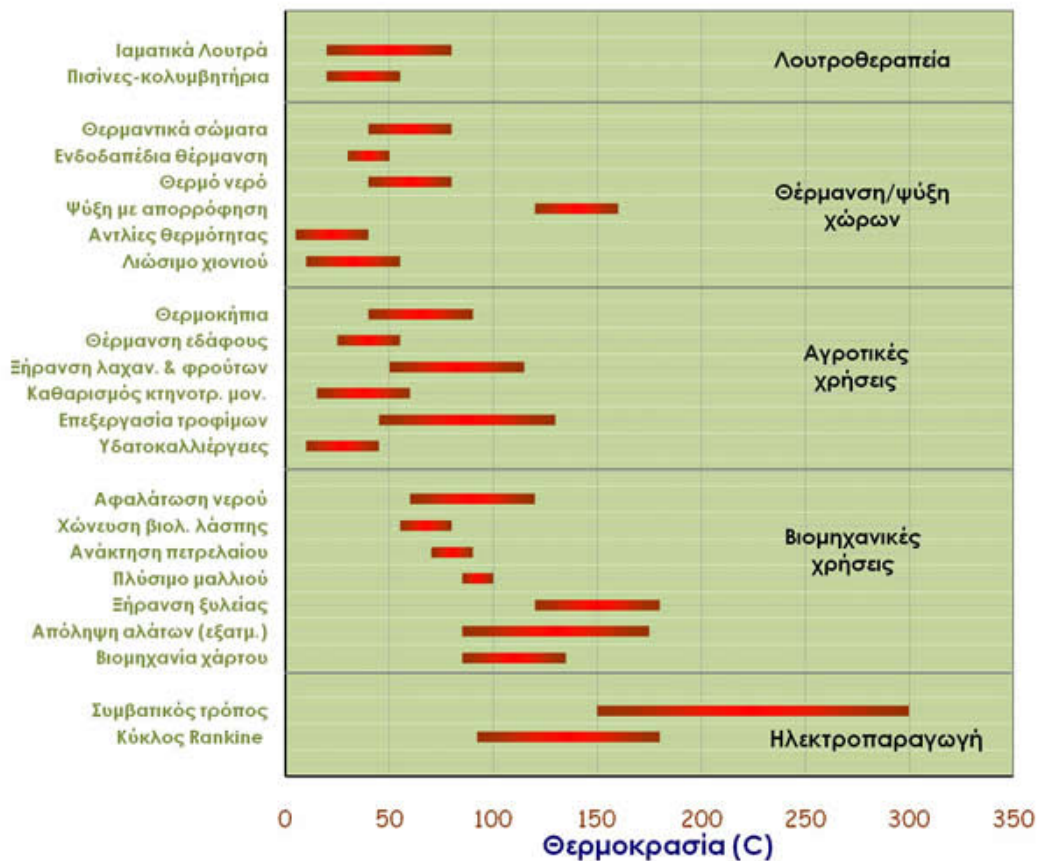


**ΕΙΚΟΝΑ 6:** Η Μηχανή που χρησιμοποιήθηκε στο Lardello το 1904 κατά την πρώτη πειραματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό [1]

Το 1919 κατασκευάστηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις στο Βερρι της Ιαπωνίας, ενώ το 1921 ακολούθησαν εκείνες στο The Geysers της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Το 1958 ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία, ένα άλλο στο Μεξικό το 1959, στις ΗΠΑ το 1960 και ακολούθησαν πολλά άλλα σε διάφορες χώρες. Μετά το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε ελκυστική σε πολλές χώρες, επειδή ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια αυτή δε χρειαζόταν να εισαχθεί από άλλες χώρες, όπως συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα ενώ σε πολλές περιπτώσεις αποτελούσε τον μοναδικό διαθέσιμο εγχώριο ενεργειακό πόρο. Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού. Η παρουσία θερμού νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού είχε ανακαλυφθεί ήδη από τη δεκαετία του 1950 ενώ διεξάγονταν έρευνες για πετρέλαιο, αλλά η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση έγινε μόλις το 1962 στο Carrières-sur-seine.

## 1.6 Σύγχρονες εφαρμογές

Η γεωθερμία αποτελεί μια καινοτομία εξέλιξης στον τομέα της θέρμανσης-δροσίωσης. Η χρήση της ενδείκνυται για όλους τους χώρους (οικιακούς χώρους, ξενοδοχειακές επιχειρήσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κτηνοτροφικές μονάδες, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες) όπου απαιτείται η ύπαρξη θέρμανσης και δροσίωσης. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν, όμως, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και άλλων κτηρίων ή κτηριακών εγκαταστάσεων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κλπ.



ΕΙΚΟΝΑ 7: Διάγραμμα Lindal [3]

- **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

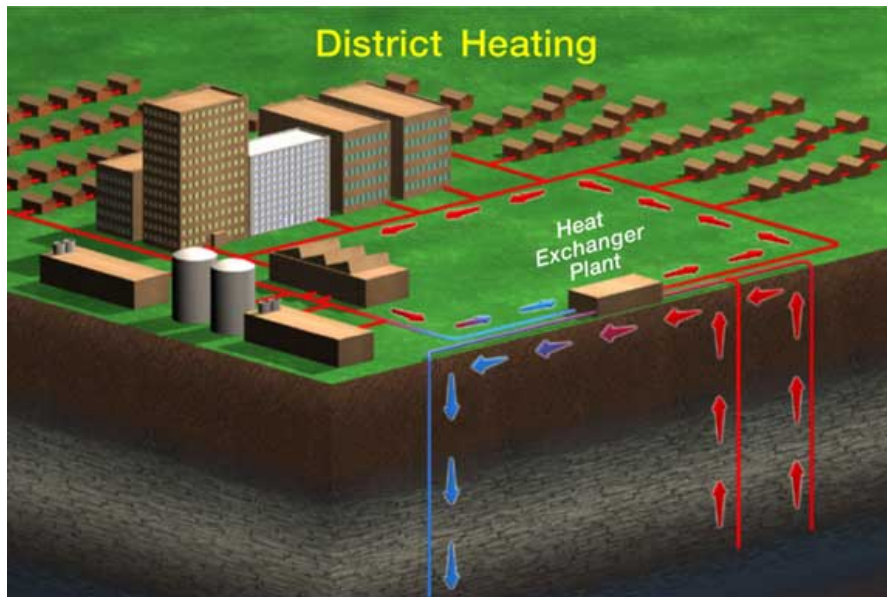
Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμίας αποτελεί η χρήση συμβατικών αμοστρόβιλων. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην εκμετάλλευση γεωθερμικών ρευστών που έχουν υψηλές θερμοκρασίες τουλάχιστον 150 C. Η μονάδα λειτουργεί με συμπυκνωτές, όπου η πίεση διατηρείται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα ή χωρίς, οπότε γίνεται διάθεση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Ο τύπος με αμοστρόβιλους ατμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι απλούστερος και φθηνότερος. Ο ατμός που έρχεται, είτε απευθείας από γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό, είτε από γεωτρήσεις με υγρό ατμό αφού γίνει ο διαχωρισμός του νερού, περνά από τον αμοστρόβιλο και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Ένας άλλος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί η χρήση δευτερεύοντος οργανικού ρευστού. Το γεωθερμικό ρευστό χρησιμοποιείται για τη θέρμανση σε έναν εναλλάκτη του δευτερεύοντος ρευστού (νερό και αμμωνία, ισοβουτάνιο, ισοπεντάνιο, CO<sub>2</sub> κτλ.) το οποίο έχει χαμηλότερο σημείο ζέσης σε σχέση με το νερό. Οι ατμοί του δευτερεύοντος ρευστού οδηγούνται αρχικά στον στρόβιλο και στη συνέχεια στον συμπυκνωτή. Τέλος το ρευστό από τον συμπυκνωτή συμπιέζεται και επανεισάγεται πάλι στον εναλλάκτη θερμότητας. Παρά το μεγάλο γεωθερμικό δυναμικό της Ελλάδας, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα δεν υπάρχει καμιά εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής. Το μεγαλύτερο γεωθερμικό εργοστάσιο παγκοσμίως βρίσκεται στα Geysers στη Β. Καλιφόρνια. Η εγκατεστημένη ισχύς υπερβαίνει τα 1.300 MW και καλύπτει το 6% της ηλεκτρικής ενέργειας της Β. Καλιφόρνιας.



**EIKONA 8:** Ρεύμα από τα έγκατα της γης

- **Τηλεθέρμανση**

Η περιφερειακή θέρμανση οικισμών και πόλεων βρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Με την εφαρμογή τηλεθέρμανσης με γεωθερμική ενέργεια δύνανται να δημιουργηθούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες εκμετάλλευσης διότι η παραγωγή θερμικής ενέργειας εξασφαλίζεται από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους κατασκευής, συντηρήσεως και κυρίως λειτουργίας. Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και η διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα-σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξης-θέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη.



**ΕΙΚΟΝΑ 9:** Τηλεθέρμανση [5]

- **Αφαλάτωση**

Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά σαν θερμαντικό μέσο δύνανται να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυσταδιακής εξάτμισης εν κενώ. Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60 °C. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40-50 °C



**ΕΙΚΟΝΑ 10:** Αφαλάτωση στην Δυτική Αυστραλία [6]



- **Βιομηχανία**

Παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών αποτελούν η εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, η παραγωγή χαρτιού, τμημάτων αυτοκινήτων, η ανάκτηση λαδιού, η παστερίωση γάλακτος, η χρήση στη βυρσοδεψία, η χημική ανάκτηση προϊόντων, η παραγωγή με διαχωρισμό του CO<sub>2</sub>, η χρήση σε πλυντήρια, η ξήρανση γης διατόμων, η επεξεργασία πολτού και χαρτιού και η παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές για χρήση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας για λιώσιμο πάγου και αντιπαγετική προστασία πεζοδρομίων, δρόμων και πλατειών, ως και σχέδια για τη διάλυση της ομίχλης σε κάποια αεροδρόμια.



**ΕΙΚΟΝΑ 11:** Εργοστάσιο που χρησιμοποιεί την γεωθερμική ενέργεια [7]

## 1.7 Αβαθής Γεωθερμία

Όταν η θερμοκρασία του εδάφους ή του υπόγειου ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα είναι χαμηλότερη των 25°C, η γεωθερμία χαρακτηρίζεται ως αβαθής ή επιφανειακή και χρησιμοποιείται για ίδια ενεργειακή χρήση. Η αβαθής γεωθερμία δύναται να καλύψει τις ανάγκες τόσο σε θέρμανση όσο και ψύξη κτηριακών εγκαταστάσεων συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής του ζεστού νερού χρήσης. Όταν επικρατεί θερμοκρασία εδάφους ή υδροφόρου ορίζοντα υψηλότερη των 25°C τότε αναφερόμαστε σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής ενθαλπίας γεωθερμικό δυναμικό.

Το επίκεντρο του ενδιαφέροντος του καταναλωτικού κοινού είναι η αξιοποίηση της γεωθερμίας για την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης για ίδια χρήση, σε περιοχές που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό, με σκοπό την κατάργηση των συμβατικών καυσίμων και την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων. Ένα γεωθερμικό σύστημα αξιοποιεί την σταθερή εντός του εδάφους υπάρχουσα θερμοκρασία προκειμένου: τον μεν χειμώνα το νερό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη να απορροφά την θερμότητα του εδάφους και μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας να την αποδίδει στο κτήριο, ενώ το καλοκαίρι λειτουργώντας αντίστροφα, να απάγει την θερμότητα από το κτήριο και μέσω του γεωεναλλάκτη να την αποδίδει στο πιο δροσερό έδαφος

## ΑΡΧΗ ΡΟΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΕΙΚΟΝΑ 12: Αρχή ροής της ενέργειας

Με την εφαρμογή των γεωθερμικών συστημάτων έχουμε μερικά βασικά πλεονεκτήματα:

- Κατάργηση του πετρελαίου και άρα μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>.
- Το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται από το περιβάλλον.
- Μείωση του κόστους λειτουργίας πάνω από 60% σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων.
- Δεν απαιτείται καμινάδα.
- Ένα σύστημα για θέρμανση και ψύξη με μικρότερο δυνατό κόστος συντήρησης.

## Ενεργειακές Ανάγκες Κατοικίας

Το Γράφημα δείχνει με ποιον τρόπο χρησιμοποιείται η ενέργεια σε μία τυπική κατοικία:

Είναι προφανές πως αν μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση, η εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων θα είναι τεράστια.



ΕΙΚΟΝΑ 13: Ενεργειακές ανάγκες κατοικίας

## Ενεργειακές Ανάγκες Ξενοδοχείου



**ΕΙΚΟΝΑ 14:** Ενεργειακές ανάγκες ξενοδοχείου

### 1.7.1 Συστήματα Εναλλακτών

#### Α. Κλειστού Κυκλώματος

Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμοκρασία των γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων ή του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα. Ο τρόπος μεταφοράς της ενέργειας γίνεται διαμέσου του νερού ή ενός υδάτινου διαλύματος το οποίο κυκλοφορεί μέσα σε ενταφιασμένες σωληνώσεις δηλαδή στο γεωσυλλέκτη. Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα επιλέγονται σε περιοχές όπου η υπόγεια υδροφορία δεν είναι πλούσια και συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ή τα κοστολόγια εκμετάλλευσης είναι υψηλά. Η μεγαλύτερη δυσκολία στην κατασκευή τους είναι η εγκατάσταση του γεωσυλλέκτη στο έδαφος. Σε περιοχές με παγετό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ανακυκλοφορία του νερού στο γεωσυλλέκτη και χρήση αντιψυκτικών υγρών. Ανάλογα με τη διάταξη του γεωσυλλέκτη δηλαδή τον τρόπο επίστρωσης των σωληνώσεων στο έδαφος τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε: οριζόντια, κατακόρυφα και κωνικά γεωθερμικά συστήματα.

- **Οριζόντιος Γήινος Εναλλάκτης**

Σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλος διαθέσιμος περιβάλλοντας χώρος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διάταξη του οριζόντιου γεωεναλλάκτη. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές τοποθέτησης του οριζόντιου γεωεναλλάκτη στο υπέδαφος:

1. Σωλήνες σε παράλληλη διάταξη: Σε βάθος περίπου 1,5 μέτρο από την επιφάνεια τοποθετούνται παράλληλα μήκη σωλήνας η μία δίπλα στην άλλη. Η απόσταση μεταξύ των σωλήνων πρέπει να είναι τουλάχιστον 60 εκατοστά. Η μέθοδος αυτή αποδίδει 30-40 W/m<sup>2</sup> εδάφους.
2. Σωλήνες η μία πάνω από την άλλη: Η πρώτη σωλήνα τοποθετείται περίπου στα δύο μέτρα ενώ η δεύτερη τοποθετείται 40-50 εκατοστά πάνω από την πρώτη. Η μέθοδος αυτή αποδίδει περίπου 50-60 W/m<sup>2</sup> εδάφους.

3. Σωλήνες απλωμένες σε σπείρες: Σε βάθος περίπου 1,5 μέτρο από την επιφάνεια απλώνεται κουλούρα πολυαιθυλενίου με τέτοια διάταξη ώστε να σχηματιστούν σπείρες η οποίες να εφάπτονται μεταξύ τους. Η μέθοδος αυτή αποδίδει 30-40 W/m<sup>2</sup> εδάφους.
4. Πλέγμα: Σε βάθος περίπου δυο μέτρα από την επιφάνεια τοποθετούνται προκατασκευασμένα πλέγματα που αποτελούνται από λεπτές σωλήνες Φ8 ή Φ10. Η μέθοδος αυτή αποδίδει περίπου 80W/m<sup>2</sup> εδάφους. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται συνήθως (εκτός από το πλέγμα) είναι από πολυαιθυλένιο τρίτης γενιάς HDPE Φ32 ή Φ40.

Για να απλωθούν οι σωλήνες συνήθως κατασκευάζεται μια τάφρος και αφού τοποθετηθούν, σύμφωνα με τα παραπάνω, η τάφρος καλύπτεται ξανά με χώμα. επιφάνεια πάνω από τον γεωεναλλάκτη μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμούς. Όσο βαθύτερα εγκαθίσταται ο γεωσυλλέκτης τόσο πιο σταθερή είναι η θερμοκρασία εδάφους όμως το κόστος εκσκαφής είναι υψηλότερο. Γενικά, η διάταξη του οριζόντιου γεωεναλλάκτη είναι σαφώς η οικονομικότερη αλλά απαιτεί μεγάλη διαθέσιμη έκταση για την εφαρμογή της



**ΕΙΚΟΝΑ 15:** Οριζόντιος Γεωεναλλάκτης

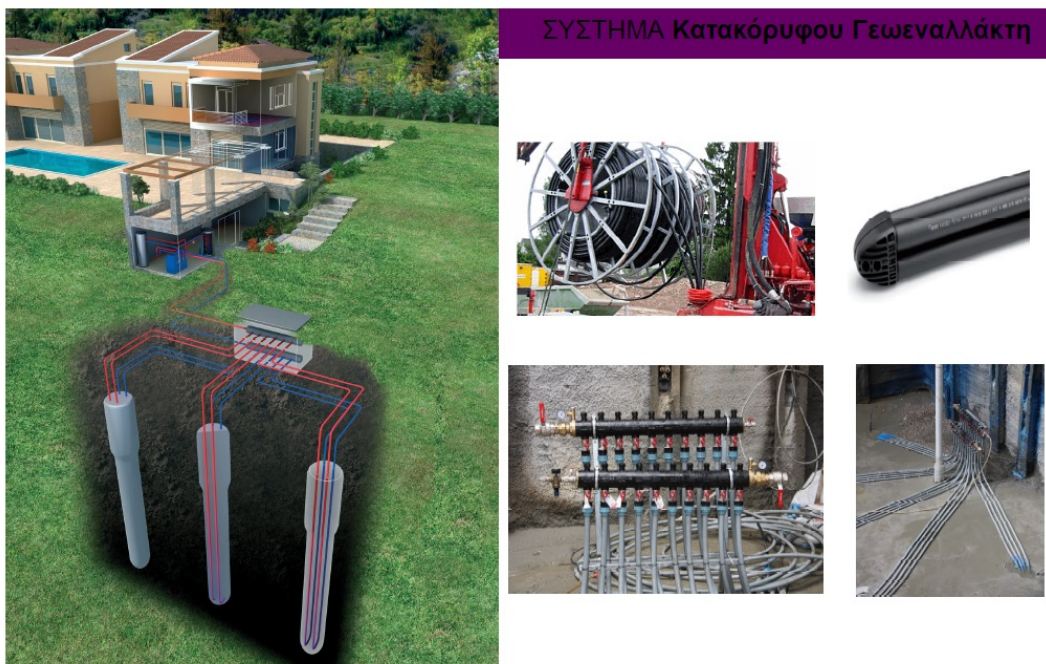
- **Κατακόρυφος Γήινος Εναλλάκτης**

Συνήθως χρησιμοποιείται σε μεγάλες εφαρμογές όπου η απαιτούμενη ανάγκη δεν μπορεί να καλυφθεί από ένα οριζόντιο κύκλωμα και σε περιπτώσεις που υπάρχει έλλειψη διαθέσιμου περιβάλλοντα χώρου (κυρίως σε αστικά κέντρα). Τοποθετείται κυρίως όταν υπάρχει περιορισμένη έκταση γης σε φρεάτια που ανοίγονται σε βάθος από 50 έως 130 μέτρα βάθος μέσα στα οποία τοποθετούνται οι σωλήνες. Η κατασκευή του κάθετου γεωθερμικού εναλλάκτη γίνεται στα εξής στάδια:

1. Κατασκευή στεγνών γεωτρήσεων διαμέτρου 8.” σε βάθος περίπου 100m.
2. Συναρμολόγηση γεωεναλλάκτη στην επιφάνεια. Ο γεωεναλλάκτης αποτελείται από τέσσερις σωλήνες (2 προσαγωγής και 2 επιστροφής) οι οποίες ενώνονται μεταξύ τους με ειδικά τεμάχια.
3. Δοκιμή αντοχής γεωεναλλάκτη στην επιφάνεια με νερό στα 10bar.

4. Τοποθέτηση γεωεναλλάκτη μέσα στις στεγνές γεωτρήσεις.
5. Πλήρωση γεωτρήσεων με μείγμα τσιμέντου, μπετονίτη και άμμου.
6. Κατασκευή φρεατίου επίσκεψης στην επιφάνεια.

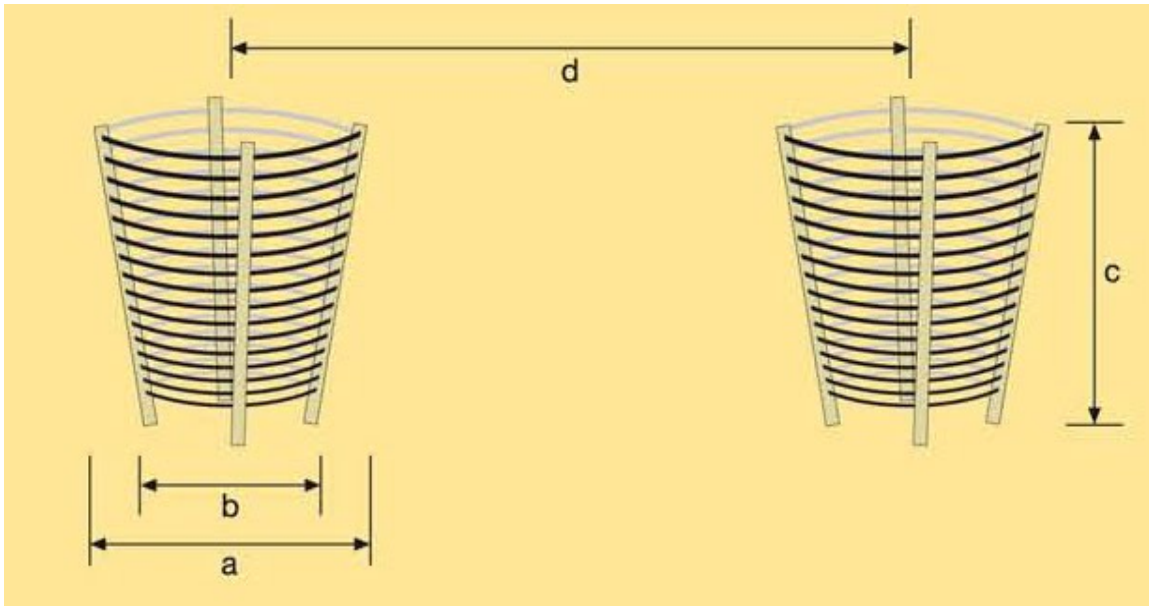
Τα συστήματα των κάθετων γεωεναλλακτών αποδίδουν περίπου 7,5kW/100m γεωεναλλάκτη. Τα βασικά πλεονεκτήματα της διάταξης αυτής είναι το μικρό συνολικό μήκος σωλήνωσης, η απαίτηση για μικρή έκταση γης και τέλος το γεγονός ότι η αξιοποιήσιμη θερμότητα του εδάφους επηρεάζεται λιγότερο από την εξωτερική θερμοκρασία (μεγάλο βάθος). Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι απαιτείται εξοπλισμός ανάλογος με αυτόν που χρησιμοποιείται για την διάνοιξη γεωτρήσεων με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους κατασκευής, ιδιαίτερα όταν το έδαφος είναι πετρώδες



**ΕΙΚΟΝΑ 16:** Κατακόρυφος Γεωεναλλάκτης

- **Κωνικός Γήινος Εναλλάκτης**

Παρόμοια συστήματα πρωτοεμφανίστηκαν στην Αμερική και στη συνέχεια εξελίχθηκαν από την Ευρώπη. Τα πρώτα συστήματα είχαν διάταξη κυλίνδρου ο οποίος απαιτούσε την ανόρυξη γεώτρησης από γεωτρήσανο. Η συνήθης διάμετρος ανόρυξης ήταν το ένα μέτρο. Μετά από μελέτη και μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η καλύτερη διάταξη είναι αυτή του κώνου συγκεκριμένα με τη μικρότερη διάμετρο στο βαθύτερο σημείο εκσκαφής. Αυτό διότι οι κλιματολογικές συνθήκες έχουν μικρότερη επιρροή στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Στα κωνικά συστήματα πραγματοποιούνται τοπικές εκσκαφές για την ταφή κωνικών γεωσυλλεκτών. Το πλήθος των κώνων εξαρτάται από τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που απαιτούνται για τον κλιματισμό του χώρου. Το ελάχιστο βάθος τοποθέτησης του κατώτερου σημείου κάθε κώνου ανέρχεται στα 3,5 m από την επιφάνεια. Η κωνική διάταξη θεωρείται η βέλτιστη όταν δεν μπορεί να εφαρμοστεί το οριζόντιο σύστημα λόγω περιορισμού χώρου. Είναι οικονομικότερα από την κατακόρυφη. Δε δύναται να τοποθετηθούν στη θεμελίωση του κτηρίου και δεν επιτρέπεται για λόγους θεμελίωσης και στατικής επάρκειας του κτηρίου.



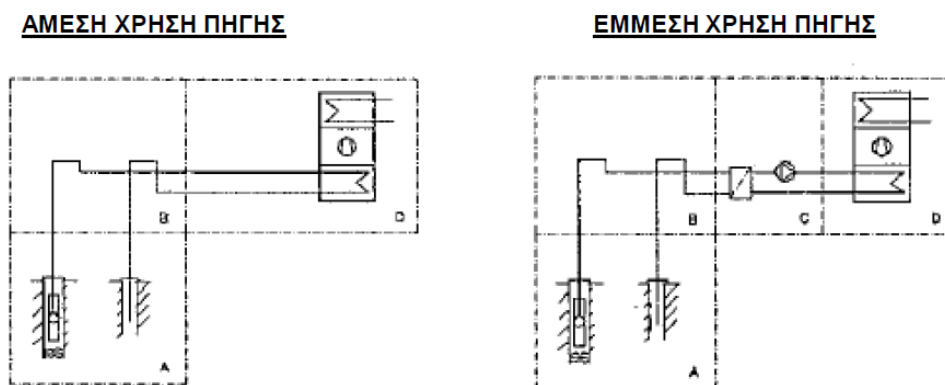
**ΕΙΚΟΝΑ 17:** Κωνικός Γεωναλλάκτης [8]

## **B. Ανοικτού Κυκλώματος**

- **Ανοικτό Κύκλωμα με γεώτρηση άντλησης υπόγειου νερού**

Τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος εκμεταλλεύονται τον υπόγειο ή επιφανειακό ορίζοντα μέσω δύο ή περισσότερων υδρογεωτρήσεων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή ενός τέτοιου κυκλώματος είναι η ύπαρξη πλούσιας και συνεχούς υπόγειας υδροφορίας στην περιοχή της εγκατάστασης. Ένα ανοικτό γεωθερμικό σύστημα απαιτεί επαρκή διαπερατότητα για να παράγει την απαραίτητα ποσότητα νερού και καλή χημεία του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου και υδρόθειου. Η σημαντικότερη όμως προϋπόθεση είναι η σταθερή ποσότητα διαθέσιμου υπογείου νερού όλο το χρόνο. Καταλαμβάνουν μικρό χώρο και κατασκευαστικά θεωρούνται η πιο εύκολη λύση. Σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα γεωθερμίας συνήθως είναι η πιο δαπανηρή και αυτό λόγω της υποβρύχιας αντλίας στη γεώτρηση. Οι γεωτρήσεις χρειάζονται μερική συντήρηση σε αντίθεση με τον συνολικό εξοπλισμό. Για να θεωρηθεί συμφέρουσα η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος ο χώρος πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 100 τ.μ.. Το βάθος κυμαίνεται στα 60-70 μέτρα όταν η υδροφορία είναι συνεχής και πλούσια. Συνήθως τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα για να λειτουργήσουν καλύτερα χρειάζονται δύο γεωτρήσεις. Από τη μία γεώτρηση παραλαμβάνεται νερό. Η αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί την ενέργεια που περιέχεται σε αυτό. Μέσω της δεύτερης γεώτρησης οδηγείται το νερό πάλι στον υδροφόρο ορίζοντα. Οι αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων εξαρτάται από τα πετρώματα, την ποσότητα νερού άντλησης και το βάθος του. Στη χρήση υπογείων νερών χρησιμοποιείται στην Αντλία Θερμότητας ένας ιδιαίτερα υψηλής ποιότητας EC-ανοξειδωτος εξαμιστής. Για περιπτώσεις σκληρού ή υφάλμυρου νερού, χρησιμοποιείται ειδικός εναλλάκτης Τιτανίου. Χρειάζεται γεώτρηση παροχής περίπου 0,2m<sup>3</sup>/h νερού για κάθε Kilowatt.

- Άμεση ή έμμεση χρήση (για υφάλμυρο νερό)

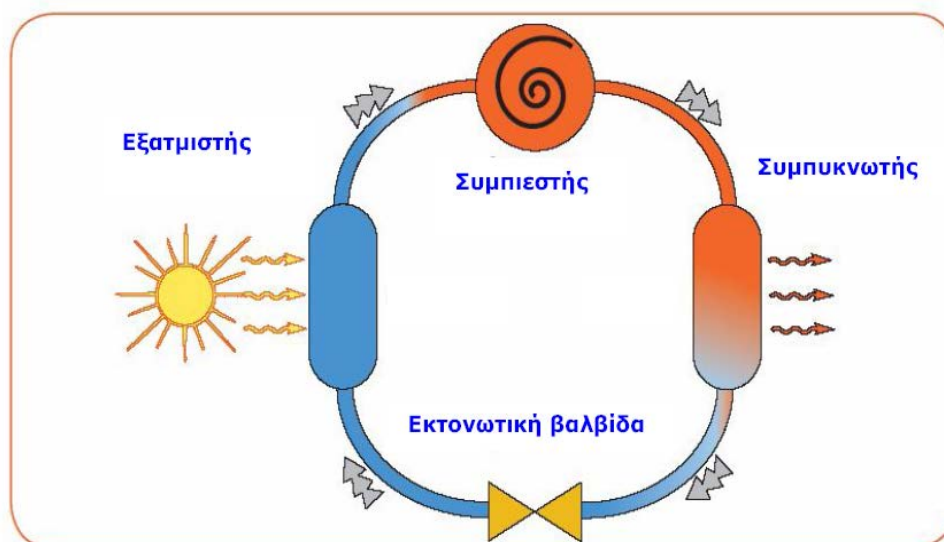


**ΕΙΚΟΝΑ 18:** Σχηματική απεικόνιση εναλλάκτη άμεση και έμμεσης χρήσης

## 1.7.2 Αντλίες Θερμότητας

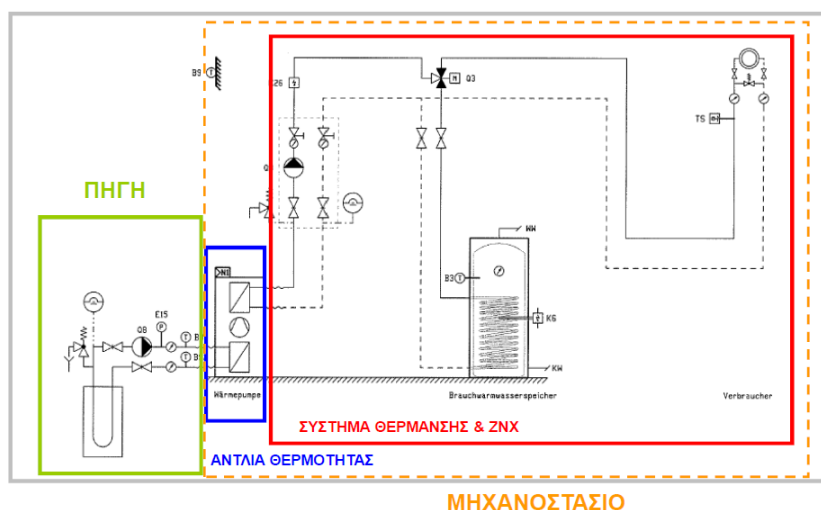
Ένα Σύστημα Γεωθερμίας αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

- Το γεωεναλλάκτη κλειστού ή ανοικτού κυκλώματος.
- Το μηχανοστάσιο με την (ή τις) αντλίες θερμότητας, τα δοχεία αδρανείας και τον υπόλοιπο εξοπλισμό όπως κυκλοφορητής, δοχεία διαστολής κλπ.



**ΕΙΚΟΝΑ 19:** Αρχή Λειτουργίας Αντλίας Θερμότητας

## ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΕΙΚΟΝΑ 20: Σχηματικό διάγραμμα Μηχανοστασίου

Οι αντλίες θερμότητας για θέρμανση και για ψύξη κτηρίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με:

1. Την πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, νερού-αέρα, νερού-νερού, εδάφους-νερού και εδάφους-αέρα.
2. Ανάλογα με την ισχύ οι αντλίες διακρίνονται σε μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Επιπλέον ανάλογα με την κατασκευή τους διακρίνονται σε ενιαίου και διαιρούμενου τύπου.

### Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα

Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος αντλίας και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών καταστημάτων. Κατά την θερμαντική λειτουργία, ο εξατμιστής απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος και την απορρίπτει μέσω του συμπυκνωτή στον αέρα του χώρου που θερμαίνεται (εσωτερικός αέρας). Γενικά, στην περίπτωση της θέρμανσης ο βαθμός επίδοσης COP της αντλίας αέρα-αέρα εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος όσο και από τη θερμοκρασία του αέρα που θερμαίνεται. Η τιμή του COP αυξάνεται α) με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και β) με τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Με την αντιστροφή του λειτουργικού της κύκλου η αντλία θερμότητας μπορεί να ψύξει τον αέρα του χώρου. Στην περίπτωση αυτή ο συμπυκνωτής γίνεται εξατμιστής, απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και την απορρίπτει με την βοήθεια του εξατμιστή, που γίνεται συμπυκνωτής, στο εξωτερικό περιβάλλον. Ο βαθμός επίδοσης COP στην περίπτωση της ψύξης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα που ψύχεται και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η τιμή του COP αυξάνεται:

- i) όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ψυχομένου αέρα
- ii) όσο η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται.

Η πιο χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι οι κλιματιστικές συσκευές για την ψύξη των χώρων κατά τους θερινούς μήνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση.



Το κύριο μειονέκτημα των αντλιών θερμότητας αυτού του τύπου είναι, ότι κατά την διάρκεια του χειμώνα και ειδικότερα στις μέρες που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, η απόδοσή τους μειώνεται δραστικά με αποτέλεσμα να αδυνατούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες θέρμανσης. Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα αυτό τοποθετούνται ηλεκτρικές αντιστάσεις, που χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματική πηγή θερμικής ενέργειας. Οι αντιστάσεις αυτές τοποθετούνται στην μονάδα διαχείρισης του αέρα και ενεργοποιούνται αυτόματα και σταδιακά καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει.

## **Αντλία θερμότητας αέρα-νερού**

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτηρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη. Επίσης εγκαθίστανται και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού. Η άντληση και η απόρριψη θερμότητας από τον εξωτερικό αέρα, γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην αντλία θερμότητας αέρα/αέρα, δηλαδή με αερόψυκτο συμπυκνωτή/εξατμιστή. Στο δευτερεύον κύκλωμα, δηλαδή στην πλευρά του νερού, υπάρχει υδρόψυκτος εναλλάκτης που τροφοδοτεί το δίκτυο σωληνώσεων με θερμό/ψυχρό νερό.

Στην περίπτωση της θέρμανσης ενός χώρου η αντλία θερμότητας αέρα-νερού απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και θερμαίνει νερό σε μία εγκατάσταση κλιματισμού. Ο βαθμός επίδοσης εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος όσο και από τη θερμοκρασία του νερού που θερμαίνεται στο συμπυκνωτή. Η τιμή του COP αυξάνεται:

- i) με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
- ii) με τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού.

Με την αντιστροφή του κύκλου λειτουργίας, η αντλία θερμότητας ψύχει το νερό της εγκατάστασης και απορρίπτει τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Ο βαθμός επίδοσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού που ψύχεται στον εξατμιστή και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η τιμή του COP αυξάνεται:

- i) όσο η θερμοκρασία του ψυχρού νερού είναι μεγαλύτερη
- ii) όσο η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται.

## **Αντλίες θερμότητας νερού-αέρα**

Χρησιμοποιούν το νερό, ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας, και τον αέρα για να μεταφέρουν ή να απάγουν θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Οι συσκευές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται με νερό μέσω κατάλληλου δικτύου και συνδέονται με δίκτυο αεραγωγών, για την προσαγωγή/απαγωγή του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Η εναλλαγή του κύκλου λειτουργίας της αντλίας από ψύξη σε θέρμανση, γίνεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου μέσω τετράοδης βαλβίδας. Ως πηγή-αποδέκτης θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο υπεδαφικό όσο και επιφανειακό νερό, καθώς και απόνερα. Η χρήση των απόνερων γίνεται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, με την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η καθαρότητα του νερού για την αποφυγή διαβρώσεων ή οξειδώσεων στα μηχανικά μέρη της αντλίας θερμότητας. Οι εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας νερού/αέρα χρησιμοποιούν νερό πηγής, λίμνης, ποταμού ή σπανιότερα θάλασσας για την προσαγωγή/απαγωγή θερμότητας. Στην περίπτωση που

γίνεται χρήση θαλασσινού νερού, μεταξύ της πηγής και της αντλίας θερμότητας παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης θερμότητας που εξασφαλίζει προστασία από διάβρωση. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας ειδικής κατασκευής, με μεταλλικά μέρη που αντέχουν στην διάβρωση. Στις περιπτώσεις αυτές το κόστος είναι αρκετά υψηλό, γι' αυτό οι εγκαταστάσεις αυτές είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους

## **Αντλίες θερμότητας νερού-νερού**

Χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή-αποδέκτη θερμότητας, τόσο στη θερμαντική όσο και στην ψυκτική τους λειτουργία. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου (Fan-coil units) ή με στοιχεία κεντρικών κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου.

## **Αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού**

Χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους (θερμοχωρητικότητα εδάφους) για τον κλιματισμό δημόσιων και ιδιωτικών κτηρίων κάθε μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάζεται στο έδαφος ένα κλειστό δίκτυο πλαστικών σωλήνων, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρυμένο νερό ή διάλυμα νερού /αντιπηκτικού. Με την βοήθεια του γεωεναλλάκτη ο εξατμιστής/συμπυκνωτής του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο έδαφος. Ανάλογα με την κατασκευή του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε οριζόντια, κατακόρυφα ή σπειροειδή. Ανάλογα με το είδος του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη, οι αντλίες θερμότητας εδάφους διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- 1) ανοιχτού κυκλώματος
- 2) κλειστού κυκλώματος, στις οποίες ένα δευτερεύον κύκλωμα με αντιπηκτικό διάλυμα ή νερό συνδέει το έδαφος με το κύκλωμα ψυκτικού μέσου της Α.Θ.
- 3) απευθείας εκτόνωσης, στις οποίες το ψυκτικό μέσο της Α.Θ. κυκλοφορεί στις σωληνώσεις του εδάφους (στην περίπτωση αυτή ο γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται από σωλήνες χαλκού).

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας εδάφους/νερού παρουσιάζουν σήμερα υψηλά ποσοστά εγκατάστασης σε προηγμένες χώρες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους υψηλότερους βαθμούς επίδοσης που παρουσιάζουν σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους αντλιών θερμότητας, αλλά και στην φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά που εκφράζεται με την μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

## **Αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα**

Έχουν λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες θερμότητας εδάφους/νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμά τους όμως αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος συμπυκνωτής/εξατμιστής, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτηρίου.

## Κατασκευή – Μέγεθος

Ανάλογα με την ισχύ τους οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Ανάλογα με την κατασκευή τους, οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε:

- Ενιαίου
- Διαιρούμενου τύπου.

Οι ενιαίου τύπου περιέχουν όλα τα κατασκευαστικά τους μέρη τοποθετημένα μέσα σε μια μονάδα. Οι διαιρούμενου τύπου αντλίες θερμότητας αποτελούνται από δύο ανεξάρτητες μονάδες, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω χαλκοσωλήνων. Οι διαιρούμενου τύπου είναι οι αντλίες θερμότητας αέρα/αέρα και αέρα/νερού, σε όλα τα μεγέθη. Η εξωτερική μονάδα περιέχει τον συμπιεστή, το εξωτερικό στοιχείο/εναλλάκτη, την εκτονωτική βαλβίδα, την τετράοδη βαλβίδα, τον ανεμιστήρα, καλωδιώσεις και σύστημα ελέγχου. Με κατάλληλο δίκτυο σωλήνων το ψυκτικό ρευστό μεταφέρεται στην εσωτερική μονάδα που περιλαμβάνει τα υπόλοιπα εξαρτήματα δηλαδή το εσωτερικό στοιχείο/εναλλάκτη, τον ανεμιστήρα, καλωδιώσεις και σύστημα ελέγχου. Η εσωτερική μονάδα είτε κλιματίζει απευθείας τον αέρα του χώρου (τοπική μονάδα), είτε συνδέεται με κατάλληλο δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού ή δίκτυο διανομής νερού (ημικεντρική μονάδα). Οι αντλίες θερμότητας ενιαίου τύπου τοποθετούνται τόσο στο εξωτερικό περιβάλλον, συνήθως όταν πρόκειται για μονάδες αέρα/αέρα ή αέρα/νερού μεγάλης ισχύος (κεντρικές μονάδες), όσο και σε εσωτερικά μηχανοστάσια. Ενιαίου τύπου αντλίες θερμότητας κατασκευάζονται σε όλα τα μεγέθη και σε όλους τους τύπους πηγής/αποδέκτη.

## Αντλίες θερμότητας σε συστήματα θέρμανσης Κτηρίων

Αντλίες θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν σε μικρά κτήρια (μονοκατοικίες, μικρές πολυκατοικίες και αλλού) και να καλύπτουν τις θερμικές τους απαιτήσεις είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με κάποιο συμβατικό σύστημα θέρμανσης (π.χ. λέβητα θερμού νερού με καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Στην περίπτωση αυτή οι αντλίες θερμότητας είναι κατασκευασμένες ώστε να παρέχουν μόνο θέρμανση, δεν αντιστρέφεται δηλαδή ο ψυκτικός κύκλος. Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να συνδυαστούν με ακρίβεια τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τόσο της Α.Θ. όσο και του συμβατικού συστήματος θέρμανσης. Οι Α.Θ. είναι συνήθως του τύπου αέρα/νερού, νερού/νερού ή εδάφους/νερού, δηλαδή θερμαίνουν νερό για την εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης. Για τη θέρμανση των χώρων εγκαθίστανται είτε κοινά θερμαντικά σώματα (π.χ. τύπου PANEL), είτε σώματα ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-convectors), είτε ενδοδαπέδια θέρμανση. Επειδή οι Α.Θ. παρέχουν θερμό νερό έως 55 C και λόγω της συμπεριφοράς του βαθμού επίδοσης, ο οποίος όπως αναφέρθηκε μειώνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας του θερμού νερού που παρέχει η Α.Θ., η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι πλέον κατάλληλη για τα συστήματα αυτά. Εάν χρησιμοποιηθούν κοινά θερμαντικά σώματα, η επιφάνειά τους πρέπει να αυξηθεί ανάλογα με τη θερμοκρασία προσαγωγής και επιστροφής του νερού σε αυτά. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας είναι:

α) Απλά συστήματα με αντλία θερμότητας: Η αντλία θερμότητας παρέχει όλη την απαραίτητη θερμότητα στο δίκτυο θέρμανσης και η ισχύς της πρέπει να είναι ικανή να καλύψει το θερμικό φορτίο του κτηρίου, ακόμη και στη χαμηλότερη θερμοκρασία σχεδιασμού (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία).

β) Συνδυασμένα συστήματα με αντλία θερμότητας: Στα συστήματα αυτά ένα τμήμα της θερμότητας παρέχεται στο δίκτυο θέρμανσης από άλλη πηγή (ηλεκτρική αντίσταση, λέβητας πετρελαίου ή αερίου).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## Διαδικασία μελέτης

---

*Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο νομικό πλαίσιο και η διαδικασία μελέτης εγκατάστασης ενός γεωθερμικού συστήματος.*

## 2.1 Ισχύον νομοθετικό πλαίσιο

Με το νέο ΦΕΚ Τεύχος Β 1249/24-06-2009 καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις, τα απαιτούμενα δικαιολογητικά και η διαδικασία έκδοσης άδειας για τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού (ανοικτά και κλειστά). Η εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα για θέρμανση-ψύξη αποτελεί μία νέα κατηγορία υδρογεωτρήσεων και η χορήγηση άδειας εγκατάστασης του υδροφόρου ορίζοντα δεν υπόκειται στην υφιστάμενη νομοθεσία περί υδρευτικών ή αρδευτικών γεωτρήσεων. Με άλλα λόγια, επιτρέπει την ανόρυξη των απαραίτητων υδρογεωτρήσεων για την αξιοποίηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με την προϋπόθεση ότι το σύστημα επανεισάγει ολόκληρη την ποσότητα του νερού που αντλήθηκε από τον υδροφόρο ορίζοντα χωρίς να μεταβάλει τη φυσικοχημική σύσταση του. Το δικαίωμα αναζήτησης, έρευνας και διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού (σύνολο θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών που υπερβαίνουν τους 25°C) και των γεωθερμικών πεδίων (ενιαίος μεταλλευτικός χώρος εντός του οποίου εντοπίζεται αυτοτελές δυναμικό) ανήκει μόνο στο δημόσιο (άρθρο 3 τεύχος πρώτο). Στην περίπτωση Μη ερευνημένων χώρων ή Πιθανών γεωθερμικών πεδίων, το δημόσιο διατηρεί το δικαίωμα εκμίσθωσης της έρευνας και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού. Η εκμίσθωση πραγματοποιείται κατόπιν πλειοδοτικού διαγωνισμού με γραπτές σφραγισμένες προσφορές, για πέντε (5) χρόνια με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από το μισθωτή μέχρι συμπλήρωσης τριακονταετίας. (άρθρο 4 τεύχος πρώτο). Στην περίπτωση Βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων, το δημόσιο αυτή τη φορά εκμισθώνει το δικαίωμα διαχείρισης. Μερικά από τα κριτήρια που συνυπολογίζονται πριν παραχωρηθεί το δικαίωμα διαχείρισης στον διαγωνιζόμενο είναι μεταξύ άλλων το ύψος του προϋπολογισμού, η βιωσιμότητα της προτεινόμενης επένδυσης και ο βαθμός ορθολογικής διαχείρισης του γεωθερμικού πεδίου. Όποιος ερευνά ή διαχειρίζεται ή εκμεταλλεύεται γεωθερμικά πεδία χωρίς να έχει αποκτήσει σχετικό δικαίωμα, τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών (3) μηνών και με πρόστιμο από χίλια (1.000) ΕΥΡΩ έως εκατό χιλιάδες (100.000) ΕΥΡΩ. (άρθρο 9). Για την εγκατάσταση για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό, απαιτείται άδεια που χορηγείται στον κύριο του ακινήτου από την αρμόδια Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση (άρθρο 11). Προκειμένου να εκδοθεί η σχετική άδεια σε περίπτωση ανόρυξης γεωτρήσεων θα πρέπει αυτές να βρίσκονται εντός των ορίων της ιδιοκτησίας (οικοπέδου ή αγροτεμαχίου ή γηπέδου) επί της οποίας βρίσκονται οι προς κλιματισμό χώροι.

Ειδικότερα οι γεωτρήσεις οφείλουν να απέχουν τουλάχιστον:

α) Δύο (2) μέτρα από τα όρια της ιδιοκτησίας.

β) Πέντε (5) μέτρα από υφιστάμενο γειτονικό κτίσμα διαφορετικής ιδιοκτησίας.

γ) Πέντε (5) μέτρα από το όριο της απαλλοτριωμένης ζώνης σιδηροδρομικής γραμμής.

δ) Δέκα (10) μέτρα από κεντρικό αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου. Ως κεντρικός εννοείται ο αγωγός ο οποίος χρησιμεύει στην τροφοδοσία/επικοινωνία κεντρικών μονάδων του δικτύου και δεν αφορά στη σύνδεση του τελικού χρήστη με το δίκτυο.

## 2.2 Χωροθέτηση Ελλάδας σε γεωθερμικά πεδία

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, διαπιστώθηκε σε πολλές χώρες, ότι οι ανάγκες για αξιόπιστες και ενημερωμένες πληροφορίες γύρω από τη γη, την κοινωνία και το περιβάλλον δε μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Έτσι, ειδικά από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, γνώρισαν εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Γ.Σ.Π. (Geographical Information Systems – G.I.S.). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής, κοινωνικής και οικονομικής υφής, και ένα όργανο για την περιβαλλοντική ανάπτυξη και το χωροταξικό σχεδιασμό. Αποτελείται, αφενός, από μία Βάση Δεδομένων που περιέχει στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο (για ένα αντικείμενο), τα οποία σχετίζονται με τη γη, αφετέρου, αποτελείται από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία, παρουσίαση και διανομή των στοιχείων. Η βάση ενός Γ.Σ.Π. είναι ένα ενιαίο σύστημα γεωγραφικής αναφοράς, το οποίο διευκολύνει επίσης τη σύνδεση των στοιχείων όχι μόνο μεταξύ τους αλλά και με άλλα συστήματα που περιέχουν πληροφορίες για το αντικείμενο ή τη γη. Επομένως, ένα Γ.Σ.Π. δεν είναι απλά ένα μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες, διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών, αλλά μία νέα, ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και τη μελέτη του χώρου, καθώς και τη λήψη αποφάσεων (decision making) που αφορούν τη γη, το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Οι διαδικασίες που συνθέτουν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών και εκτελούνται κατά την ανάπτυξη και λειτουργία του είναι οι ακόλουθες:

- συλλογή δεδομένων
- κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων,
- αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων,
- ανάκτηση δεδομένων,
- επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων και
- απεικόνιση δεδομένων.

### 2.2.1 Βάση δεδομένων και G.I.S.

Τα στοιχεία τα οποία είναι καταγεγραμμένα σε πηγές που αναφέρθηκαν παραπάνω καταχωρήθηκαν σε βάση δεδομένων Microsoft Access, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διαχείριση τους σε κάθε θεματικό επίπεδο αναφοράς. Η καταχώρηση αυτή περιλαμβάνει τα γεωγραφικά στοιχεία των γεωθερμικών πεδίων (ονομασία, διαμέρισμα, νομός, πλησιέστερη πόλη, πλησιέστερη κατοικημένη περιοχή), καθώς και τα χαρακτηριστικά κάθε πεδίου (έκταση γεωθερμικής ανωμαλίας, ελάχιστο βάθος ταμιευτήρα, μέγιστο βάθος ταμιευτήρα, βεβαιωμένη παροχή, πιθανή παροχή, ελάχιστη θερμοκρασία ρευστών, μέγιστη θερμοκρασία ρευστών, μέση θερμοκρασία ρευστών, βεβαιωμένη θερμική ισχύς, πιθανή θερμική ισχύς, αριθμός ερευνητικών γεωτρήσεων, αριθμός γεωτρήσεων παραγωγής, συνολικός αριθμός γεωτρήσεων, ελάχιστο βάθος γεώτρησης, μέγιστο βάθος γεώτρησης, αλατότητα, χημικός προσδιορισμός ρευστών, ποιότητα ρευστών, γεωθερμικές εφαρμογές, πιθανές εφαρμογές, χαρακτηριστικά αέριας φάσης: χημικός προσδιορισμός). Τα στοιχεία αφορούν σε 57 γεωθερμικά πεδία. Στη συνέχεια, η βάση δεδομένων συνδέθηκε με την τοποθεσία κάθε μίας πηγής σε ψηφιοποιημένο χάρτη

της Ελλάδας με τη χρήση GIS. Στη διαδικασία αυτή, για τον προσδιορισμό της θέσης των 33 από τα 57 γεωθερμικά πεδία χρησιμοποιήθηκαν οι ακριβείς συντεταγμένες όπως καθορίζονται στην Υπουργική Απόφαση Δ9Β/Φ166/12647/ΓΔΦΠ3557/193 του 2005 (ΦΕΚ Β' 1012/19.7.2005) με θέμα «Χαρακτηρισμός και υπαγωγή σε κατηγορίες των Γεωθερμικών Πεδίων της Χώρας». Στα υπόλοιπα 24 πεδία αντιμετωπίστηκαν δυσκολίες σχετικά με τον προσδιορισμό των ακριβών συντεταγμένων. Η θέση καθενός από τα πεδία αυτά, προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας τους χάρτες που συνόδευαν τις εκθέσεις και τις μελέτες, πάνω στους οποίους ήταν σημειωμένες οι θέσεις τους, οι περισσότεροι εκ των οποίων προέρχονταν από το ΙΓΜΕ. Οι θεματικοί χάρτες που προέκυψαν, πέραν της γεωγραφικής αποτύπωσης των πληροφοριών, παρείχαν τη δυνατότητα περισσότερο συστηματικής ερμηνείας των δεδομένων και κάλυπταν όλα τα χαρακτηριστικά των πεδίων (θερμοκρασία ρευστών, αλατότητα, βεβαιωμένα αποθέματα, γεωτρήσεις) καθώς και τις εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας.

## 2.2.2 Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών πεδίων

Σαν αποτέλεσμα της αποτύπωσης των γεωθερμικών πεδίων στον ψηφιοποιημένο χάρτη της Ελλάδας, ο πρώτος Θεματικός Χάρτης παρουσιάζει τη γεωγραφική κατανομή τους. Όπως διαπιστώνεται από το χάρτη αυτό, τα γεωθερμικά πεδία στον Ελλαδικό χώρο είναι αρκετά διάσπαρτα και η πυκνότητα κατανομής τους διαφέρει ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Οι προϋποθέσεις για την ύπαρξη ενός γεωθερμικού πεδίου είναι:

1) Η πηγή θερμότητας. Πρόκειται για μία μαγματική διείσδυση στο γήινο φλοιό, η οποία έχει θερμοκρασία της τάξης των 600-1.200°C και βρίσκεται σε βάθη μεταξύ 3-10km. Μόνο πρόσφατες μαγματικές διεισδύσεις μπορούν να αποτελέσουν εστίες θερμότητας. Οι παλιότερες διεισδύσεις έχουν ψυχθεί. Όλα τα γνωστά πεδία βρίσκονται σε περιοχές, όπου η ηφαιστειακή δράση εμφανίστηκε μετά το Μειόκαινο και κύρια κατά το Τεταρτογενές.

2) Η τροφοδοσία με νερό. Το 90% του νερού σε ένα γεωθερμικό υδροφόρο ορίζοντα προέρχεται από μετεωρικά κατακρημνίσματα ή/και θαλασσινό νερό. Το νερό μετεωρικής προέλευσης κατεισδύει μέσω ρηγμάτων σε βαθύτερους ορίζοντες, παραλαμβάνει θερμότητα από τα πετρώματα και ενδεχόμενα μικρές ποσότητες μαγματικού ατμού και αερίων, που διεισδύουν μέσω ρηγμάτων και ρωγμών από το υπόβαθρο, και στη συνέχεια ανέρχεται στην επιφάνεια. Καθώς το θερμό νερό απομαστεύεται μέσω γεωτρήσεων ή μέσω φυσικών αναβλύσεων στην επιφάνεια, το υδρολογικό ισοζύγιο του γεωθερμικού συστήματος αποκαθίσταται ολικά ή μερικά με την εισροή νέων ποσοτήτων νερού από την επιφάνεια. Σε ορισμένα γεωθερμικά πεδία είναι δυνατόν να εντοπιστούν περιοχές ανατροφοδότησης με υδροπερατούς σχηματισμούς στην επιφάνεια, που επιτρέπουν την κατείσδυση όμβριων υδάτων.

3) Ο γεωθερμικός ταμιευτήρας. Πρόκειται για ένα λιθολογικό σχηματισμό που αποτελεί την υπόγεια αποθήκη νερού ή/και ατμού. Ο ταμιευτήρας πρέπει να διαθέτει σημαντικό πορώδες και διαπερατότητα που να επιτρέπει την κίνηση του υπόγειου νερού, ώστε μέσω γεωτρήσεων να είναι δυνατή μία ικανοποιητική παραγωγή γεωθερμικού ρευστού στην επιφάνεια. Στην Ελλάδα οι γεωθερμικοί ταμιευτήρες από γεωλογική άποψη βρίσκονται σε ηφαιστειακά και ηφαιστο-ιζηματογενή πετρώματα.

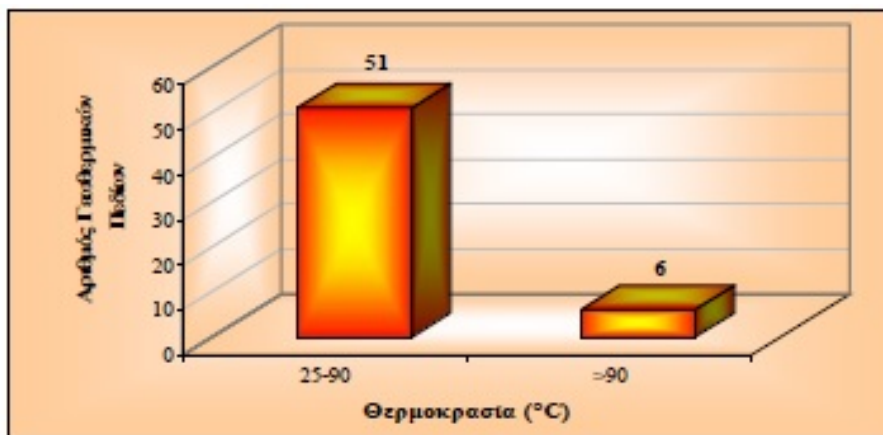
4) Το κάλυμμα. Λιθολογικός σχηματισμός πολύ χαμηλής διαπερατότητας (αργιλικά και ασβεστολιθικά πετρώματα), ο οποίος υπέρκειται του ταμιευτήρα. Αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία αρτεσιανών συνθηκών, αλλά και για την παγίδευση του ρευστού αποτρέποντας τη διαφυγή του στην επιφάνεια.

### 2.2.3 Θερμοκρασία ρευστών

Η θερμοκρασία είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό των γεωθερμικών πεδίων και σύμφωνα με τους ορισμούς τους είναι μεγαλύτερη από 25°C. Σύμφωνα με τη θερμοκρασία τους (Νόμος 3175/2003) τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται σε:

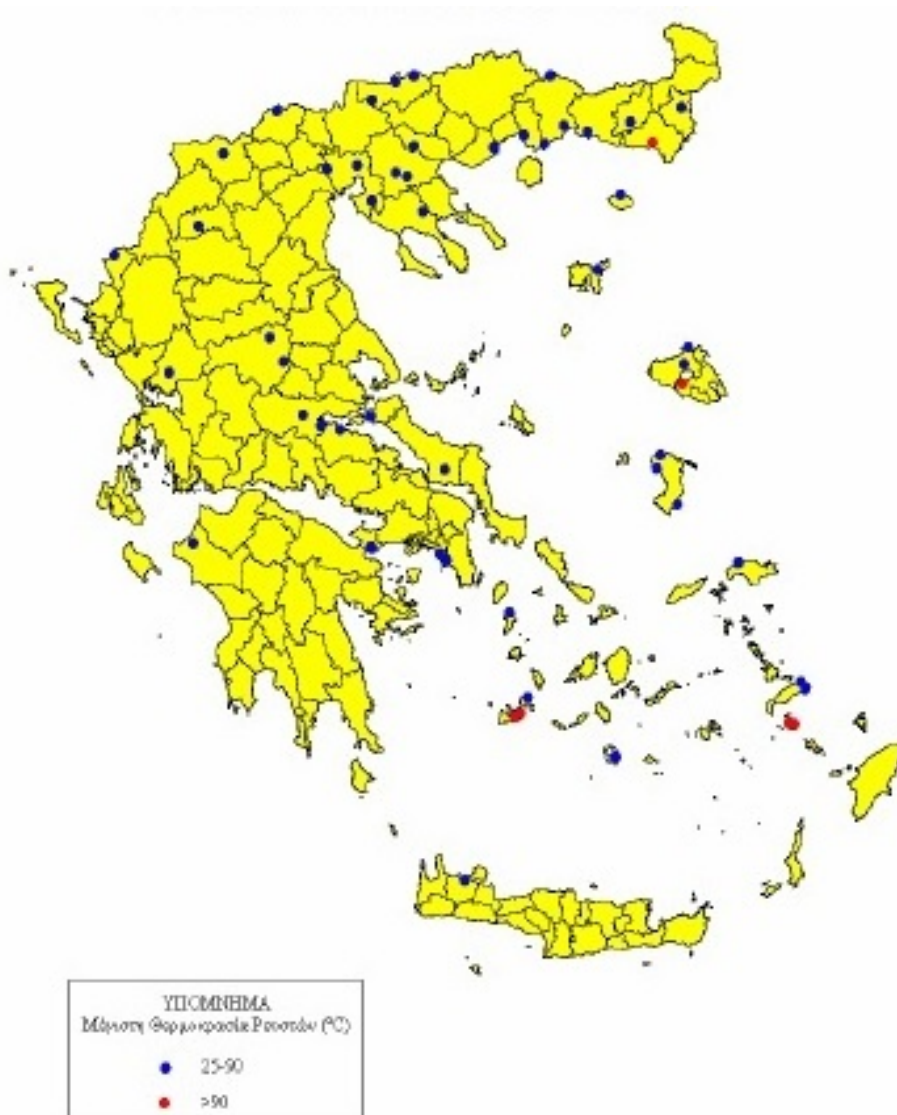
- Υψηλής Ενθαλπίας (Θερμοκρασία ρευστού μεγαλύτερη από 90°C)
- Χαμηλής Ενθαλπίας (Θερμοκρασία ρευστού 25° - 90°C)

Η θερμοκρασία αποτελεί σημαντική παράμετρο όσον αφορά την αξιοποίηση και την εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, σε 51 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται από 25-90°C, δηλαδή πρόκειται για πεδία χαμηλής ενθαλπίας ενώ μόνο σε 6 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 90°C, είναι δηλαδή γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας. Σε 2 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 150°C (325°C στη Μήλο και 400°C στη Νίσυρο), τα οποία μάλιστα είναι τα σημαντικότερα πεδία υψηλής ενθαλπίας στον ελληνικό χώρο.



**ΕΙΚΟΝΑ 21:** Μέγιστη θερμοκρασία ρευστών των γεωθερμικών πεδίων



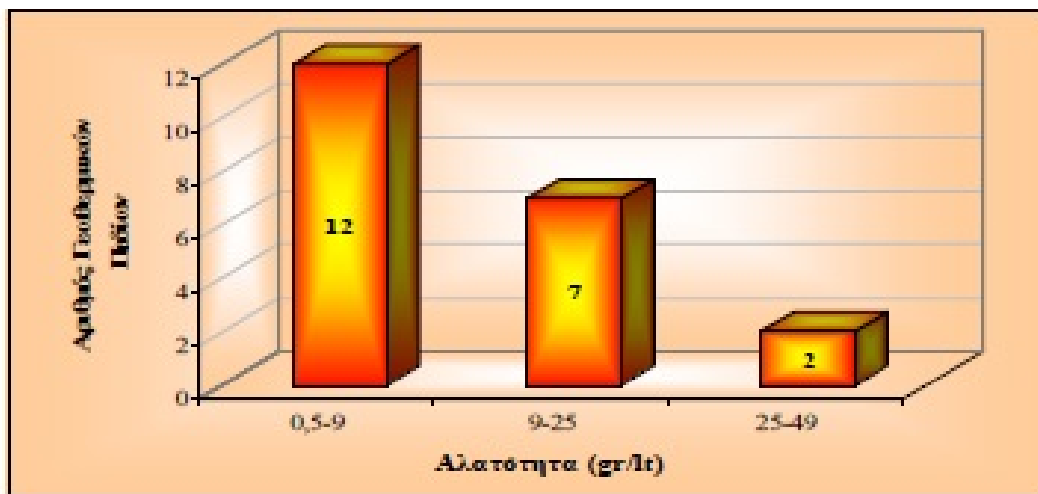


**ΕΙΚΟΝΑ 22:** Γεωγραφική κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με τη μέγιστη θερμοκρασία των ρευστών τους

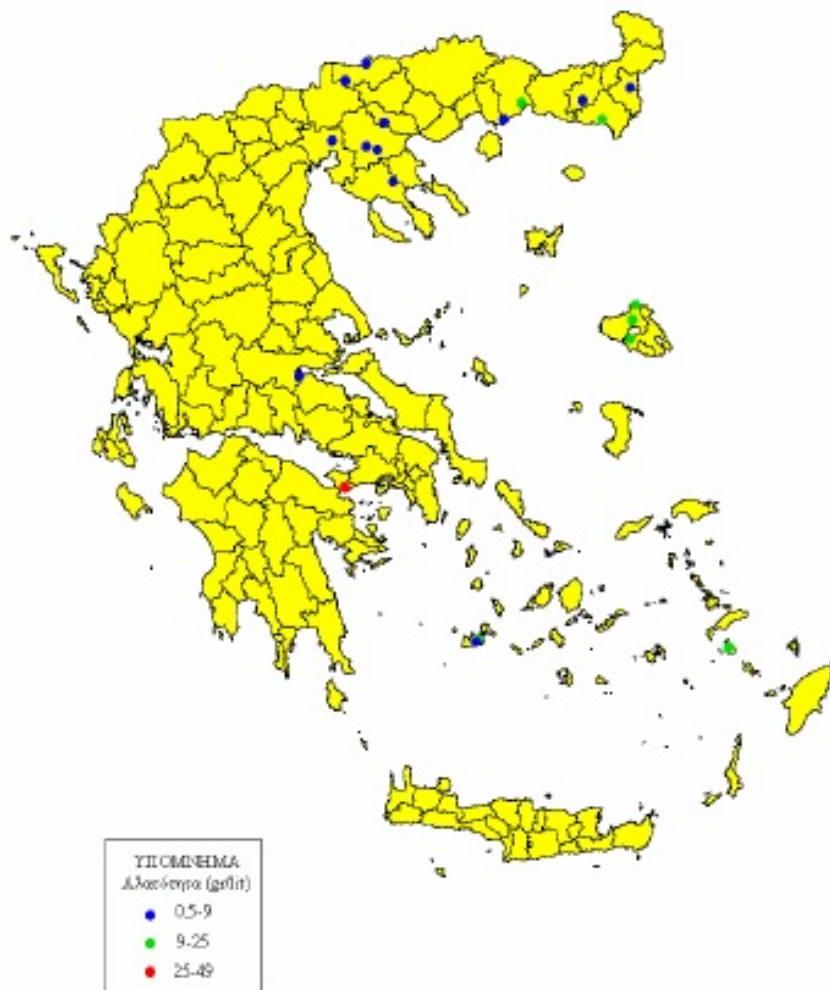
## 2.2.4 Αλατότητα

Με τον όρο αλατότητα εννοείται το σύνολο των διαλυμένων στερεών (κυρίως ανθρακικό ασβέστιο, πυριτικά και θειούχα άλατα κλπ.). Αποτελεί βασική παράμετρο χαρακτηρισμού της ποιότητας του ρευστού. Όταν η εκμετάλλευση ξεπεράσει ένα ανώτατο επιτρεπόμενο όριο, τα ρευστά, προέρχονται πλέον από βαθύτερο τμήμα του ταμιευτήρα, όπου όμως έχουν κατακαθίσει άλατα. Τα άλατα αυτά, όταν μέρος της υγρής φάσης μεταβαίνει σε αέρια κατάσταση, αποτίθενται στις ρωγμές του συστήματος με αποτέλεσμα να προκαλείται μείωση της τροφοδοσίας του ταμιευτήρα και κατ' επέκταση μείωση της παραγωγής ατμού. Η χημική σύνθεση των ρευστών, έχει μεγάλη σημασία, τόσο για την ισορροπία, όσο και για τον τρόπο εκμετάλλευσής τους. Κατά τη μετάβαση μέρους του ρευστού στην αέρια φάση, αυξάνεται σημαντικά η αλατότητα του νερού στον ταμιευτήρα. Όταν το αλμυρό αυτό νερό παρασυρθεί προς τα πάνω από τον ατμό, προκαλεί απόφραξη των ρωγμών ανόδου των γεωθερμικών ρευστών, των σωληνώσεων και των θυρίδων ελέγχου των γεωτρήσεων αλλά και διάβρωση. Αυτό οφείλεται στο

γεγονός ότι η διαβρωτικότητα των αλατούχων νερών είναι πολύ ισχυρότερη σε υψηλές παρ//ά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Υπάρχει προφανής σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων των θερμομεταλλικών νερών εφόσον η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τη διαλυτική ικανότητα του νερού. Έτσι, με την κυκλοφορία του νερού μέσα από τα πετρώματα του υπεδάφους, συντελείται μεγαλύτερος εμπλουτισμός αυτού στα διάφορα συστατικά. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα σε 12 γεωθερμικά πεδία η αλατότητα κυμαίνεται από 0,5-9 gr/lit με θερμοκρασία 40-75°, σε 7 πεδία κυμαίνεται από 9-25 gr/lit με θερμοκρασία 75-95°, είναι δηλαδή μεγάλη, ενώ μόνο σε 2 γεωθερμικά πεδία η αλατότητα κυμαίνεται από 25-49 gr/lit με θερμοκρασία 62-75°, η οποία θεωρείται πολύ μεγάλη. Για τα υπόλοιπα 36 γεωθερμικά πεδία δεν υπάρχουν στοιχεία.



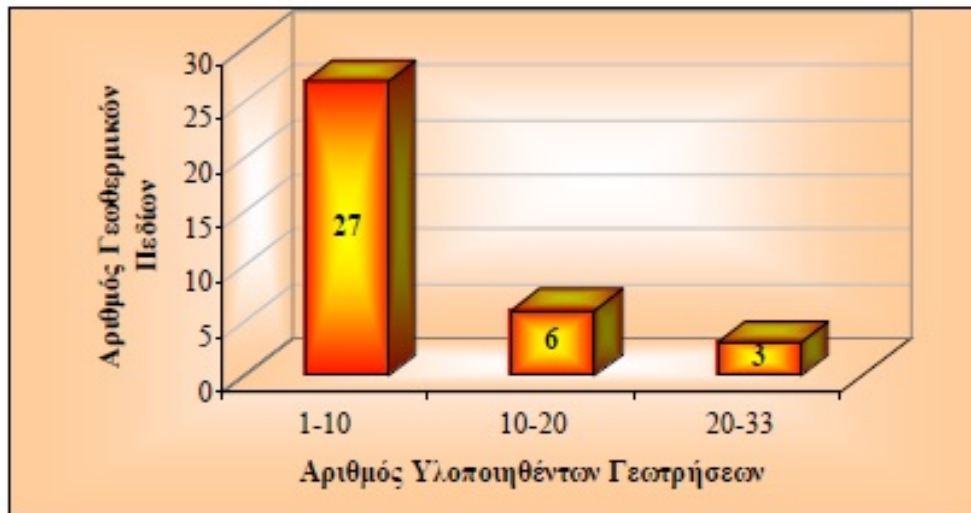
**ΕΙΚΟΝΑ 23:** Κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με την αλατότητα



**ΕΙΚΟΝΑ 24:** Γεωγραφική κατανομή γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με την αλατότητα

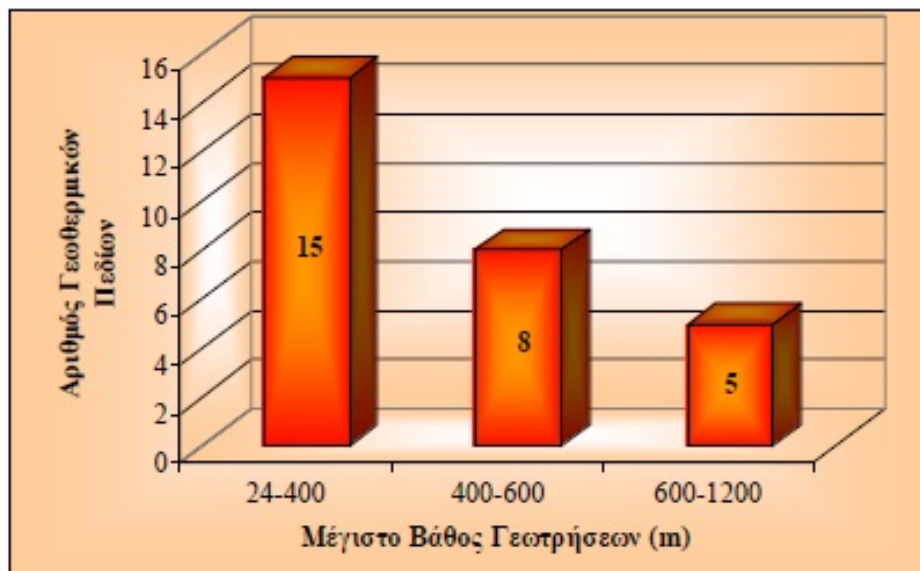
### 2.2.5 Γεωτρήσεις – Βεβαιωμένα αποθέματα

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η κατανομή των γεωθερμικών πεδίων με βάση τον αριθμό των γεωτρήσεων που έχουν ορυχθεί. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι σε 27 γεωθερμικά πεδία έχουν εκτελεστεί 1-10 γεωτρήσεις, σε 6 πεδία 10-20 γεωτρήσεις ενώ σε 3 πεδία έχουν πραγματοποιηθεί 20-33 γεωτρήσεις. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι γεωτρητική δραστηριότητα έχει αναπτυχθεί μόνο σε 36 από τα 57 γεωθερμικά πεδία και με διαφορετική ένταση. Από τις 302 γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί συνολικά, οι 226 ήταν ερευνητικές γεωτρήσεις, ενώ οι υπόλοιπες 76 παραγωγικές.

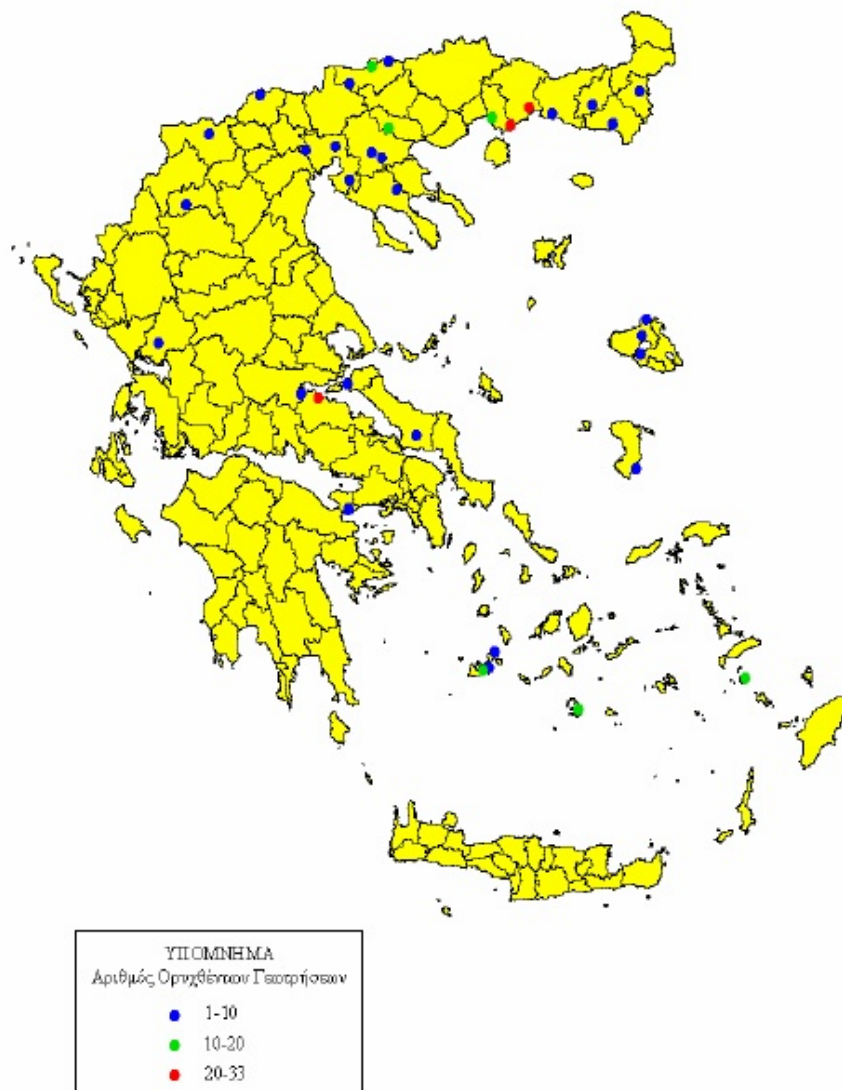


**ΕΙΚΟΝΑ 25:** Κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με τον αριθμό των γεωτρήσεων

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κατανομή των γεωθερμικών πεδίων με βάση το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι σε 15 γεωθερμικά πεδία το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 24-400m, σε 8 πεδία κυμαίνεται από 400-600m ενώ μόνο σε 5 πεδία κυμαίνεται από 600-1.200m. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε σύνολο 36 γεωθερμικών πεδίων που έχουν ορυχθεί γεωτρήσεις, στοιχεία για το μέγιστο βάθος τους υπάρχουν στα 28 πεδία.

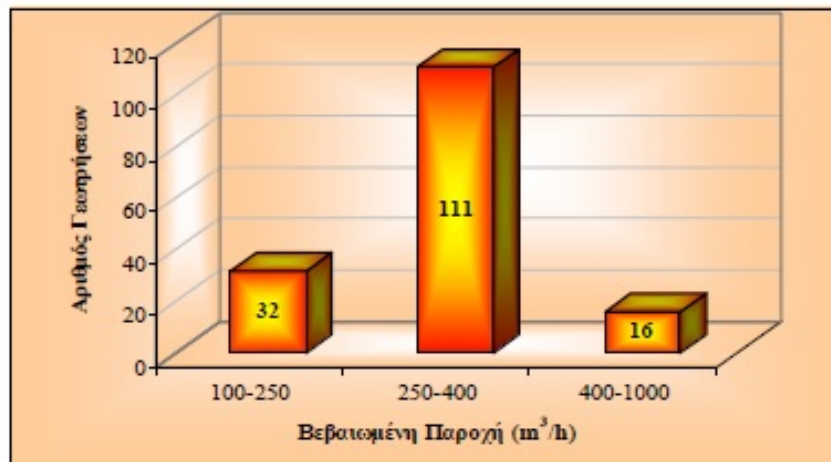


**ΕΙΚΟΝΑ 26:** Κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων

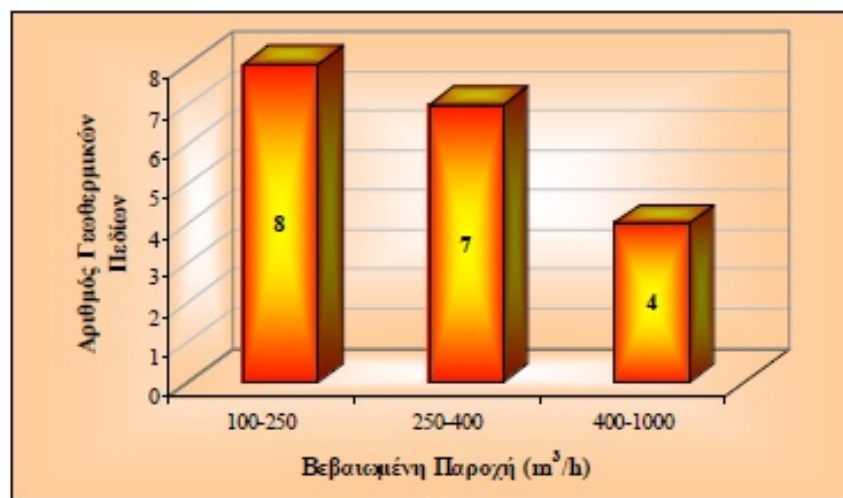


**ΕΙΚΟΝΑ 27:** Γεωγραφική κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με το συνολικό αριθμό ορυχθέντων γεωτρήσεων

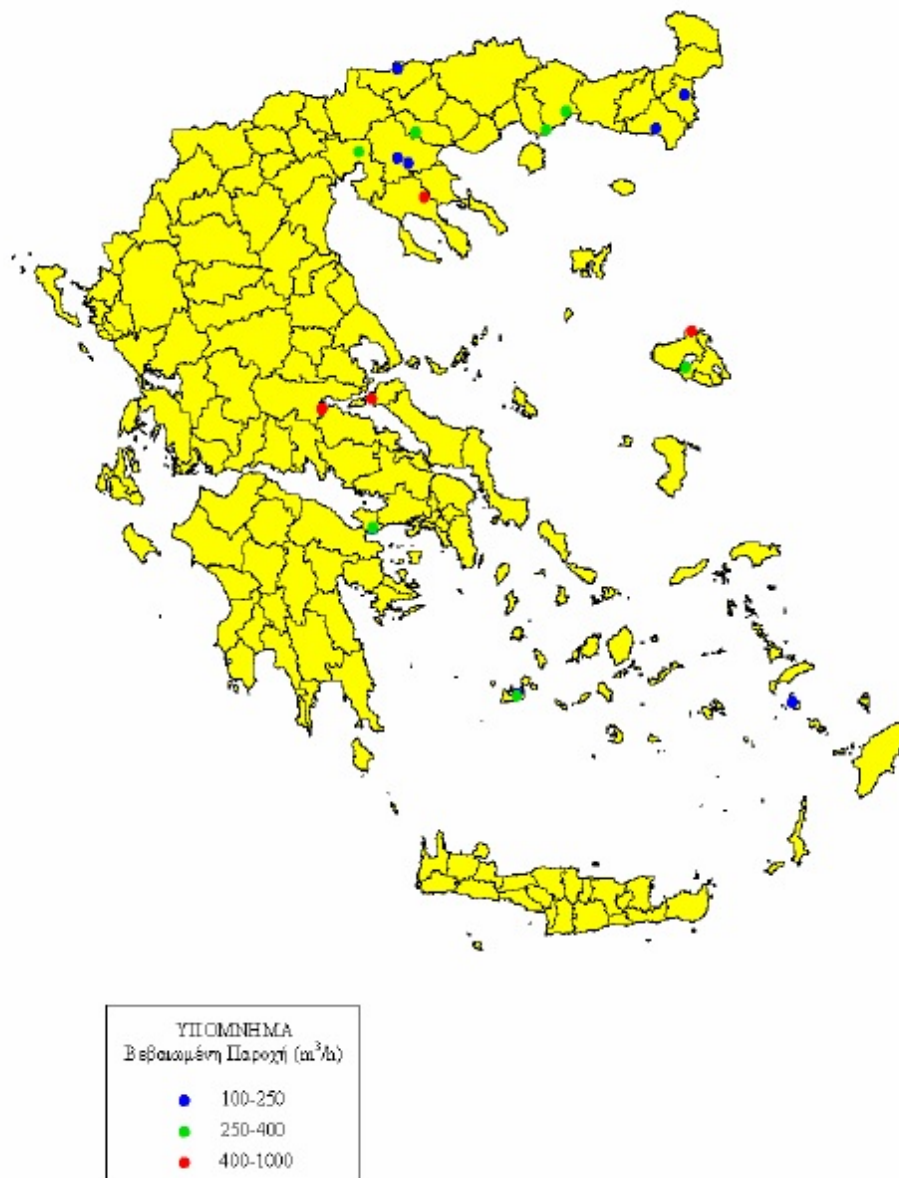
Ως συνέχεια των γεωτρήσεων έχει αξία να σχολιαστούν περαιτέρω τα βεβαιωμένα αποθέματα. Στην παρακάτω εικόνα δίνεται η βεβαιωμένη παροχή συναρτήσει του αριθμού των γεωτρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί (άθροισμα γεωτρήσεων έρευνας και παραγωγής). Από το σχήμα αυτό παρατηρείται ότι η βεβαιωμένη παροχή έχει υπολογιστεί σε 159 γεωτρήσεις από το σύνολο των 302. Ο παρακάτω χάρτης παρουσιάζει τη γεωγραφική κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με τη βεβαιωμένη παροχή, ενώ η παρακάτω εικόνα αντίστοιχα τον αριθμό των γεωθερμικών πεδίων με βάση τη βεβαιωμένη παροχή τους. Από αυτά, 8 γεωθερμικά πεδία έχουν παροχή από 100-250 m<sup>3</sup>/h, 7 πεδία έχουν παροχή 250-400 m<sup>3</sup>/h και μόνο σε 4 η παροχή κυμαίνεται από 400-1.000 m<sup>3</sup>/h. Αξίζει να αναφερθεί ότι μόνο σε 19 γεωθερμικά πεδία έχει υπολογιστεί η βεβαιωμένη παροχή.



**ΕΙΚΟΝΑ 28:** Βεβαιωμένη παροχή συναρτήσει του αριθμού των γεωτρήσεων που έχουν ορυχθεί

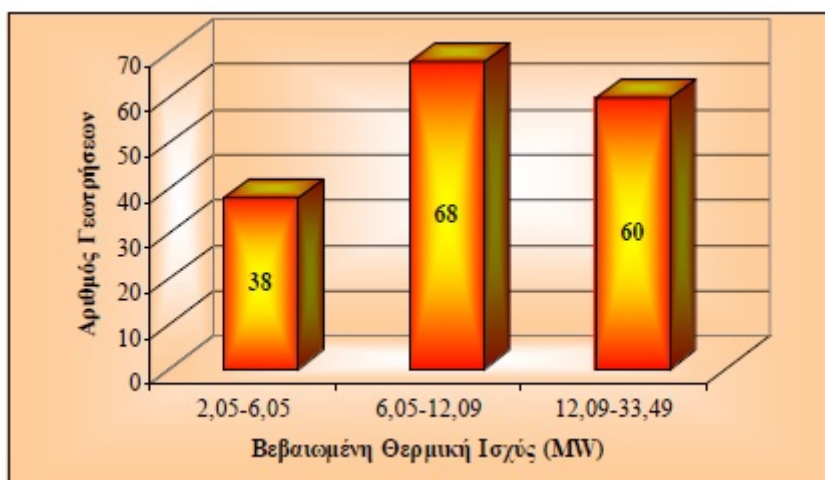


**ΕΙΚΟΝΑ 29:** Κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με την βεβαιωμένη παροχή



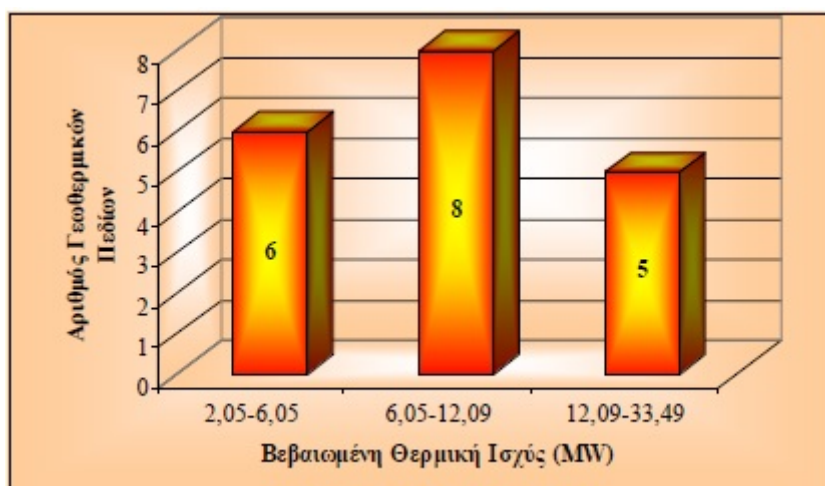
**ΕΙΚΟΝΑ 30:** Γεωγραφική κατανομή των γεωτρήσεων σύμφωνα με την βεβαιωμένη παροχή

Στην παρακάτω εικόνα δίνεται η βεβαιωμένη θερμική ισχύς συναρτήσει του αριθμού των γεωτρήσεων που έχουν ορυχθεί. Συνολικά έχουν ορυχθεί 302 γεωτρήσεις έρευνας και παραγωγής, από τις οποίες μόνο στις 166 γεωτρήσεις έχει υπολογιστεί η βεβαιωμένη θερμική ισχύς.



**ΕΙΚΟΝΑ 31:** Βεβαιωμένη θερμική ισχύς συναρτήσεως των γεωτρήσεων που έχουν ορυχθεί

Η βεβαιωμένη θερμική ισχύς αφορά στα ίδια πεδία που παρουσιάζονται στο Θεματικό Χάρτη 5 εξαιρουμένου του γεωθερμικού πεδίου Λαγκαδά στο Νομό Θεσσαλονίκης. Στο Σχήμα 4.9 παρατηρείται ότι η βεβαιωμένη θερμική ισχύς σε 6 πεδία κυμαίνεται από 2,05-6,05MW, ενώ σε άλλα 8 κυμαίνεται από 6,05-12,09MW. Σε 5 γεωθερμικά πεδία η βεβαιωμένη θερμική ισχύς κυμαίνεται από 12,09-33,49MW.

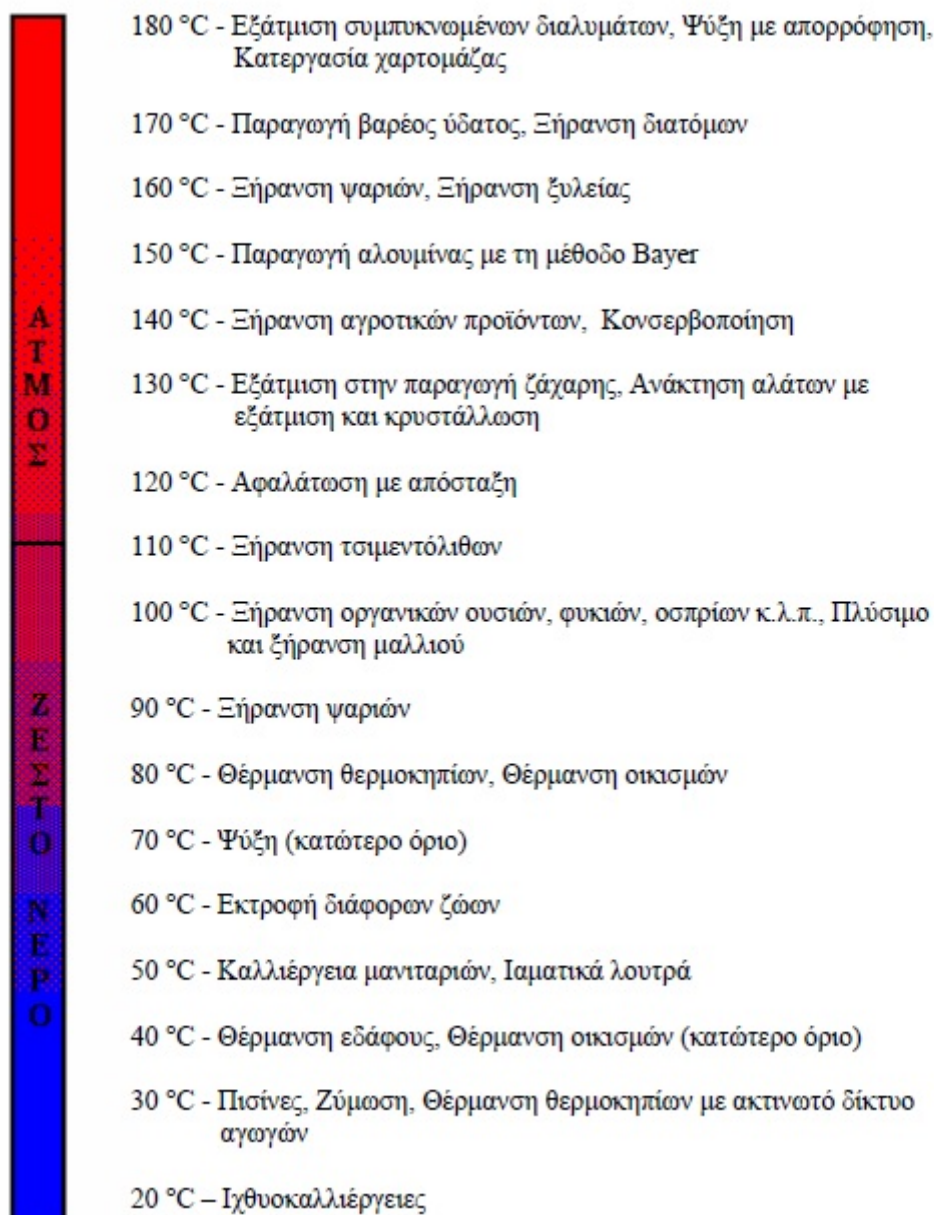


**ΕΙΚΟΝΑ 32:** Κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με τη βεβαιωμένη θερμική ισχύ

## 2.2.6 Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας

Οι δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των γεωθερμικών ρευστών είναι σε άμεση συνάρτηση με το θερμικό περιεχόμενό τους, δηλαδή τη θερμοκρασία που έχουν. Οι χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών είναι πολλές. Το διάγραμμα Lindal (παρακάτω) δίνει μία πρώτη εικόνα του φάσματος των εφαρμογών στις οποίες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άμεσα τα γεωθερμικά ρευστά, ανάλογα με τη θερμοκρασία τους.





**ΕΙΚΟΝΑ 33:** Δυνατές χρήσεις γεωθερμικών ρευστών σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία τους (κατάταξη κατά B. Lindal, 1973)

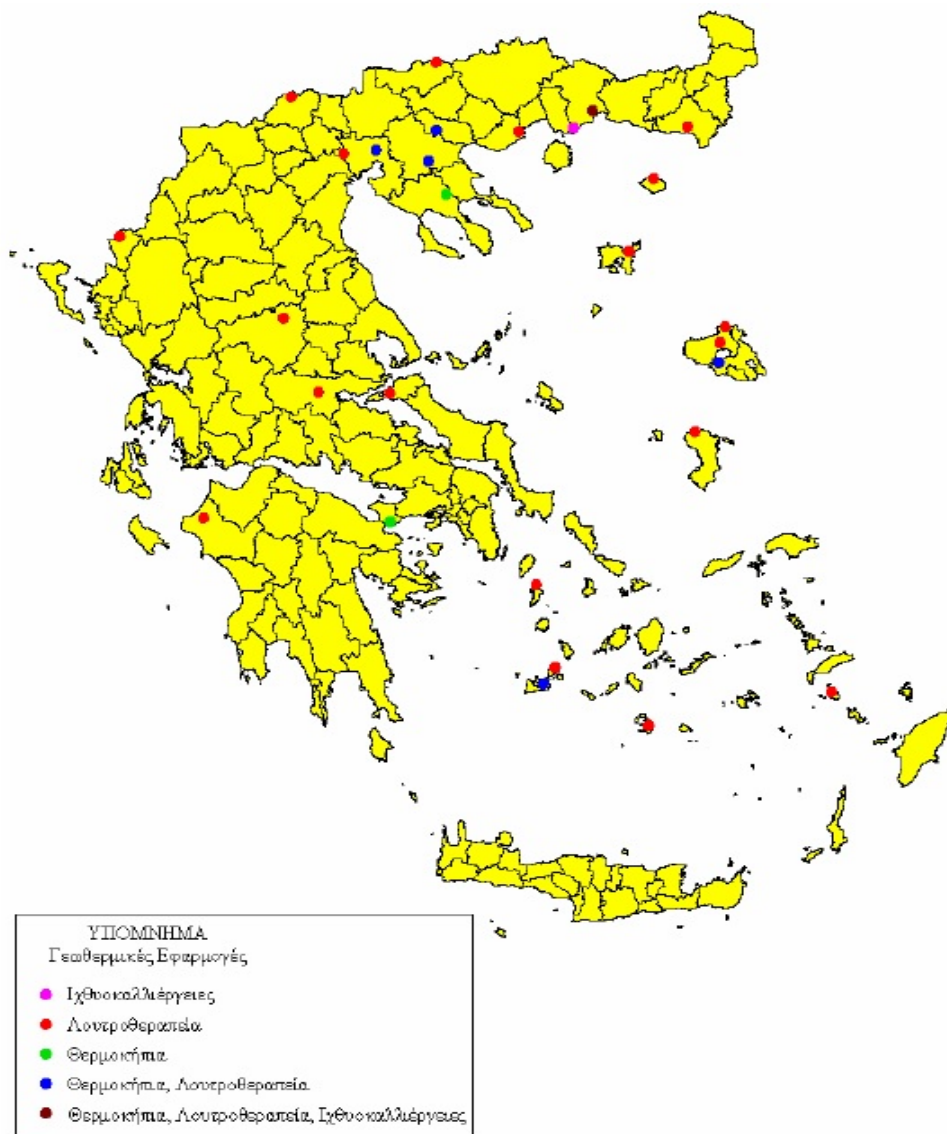
Το μεγαλύτερο μέρος των γεωθερμικών πεδίων της χώρας είναι χαμηλής ενθαλπίας. Συνεπώς το επενδυτικό ενδιαφέρον, σύμφωνα με τις υπάρχουσες συνθήκες, επικεντρώνεται κυρίως στις άμεσες χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών. Στην Ελλάδα η κυριότερη χρήση των γεωθερμικών ρευστών είναι για θέρμανση θερμοκηπίων. Στη Θράκη θερμαίνονται 67 στρέμματα θερμοκηπίων με σπαράγγια, στη Μακεδονία 189,2 στρ. με θερμοκήπια κηπευτικών και ανθοκομικών προϊόντων, στην Πελοπόννησο θερμαίνονται 4 στρ. θερμοκηπίων με κηπευτικά, στο Βόρειο Αιγαίο θερμαίνονται 34 στρ. θερμοκηπίων με κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα και στο Νότιο Αιγαίο 5,5 στρ. με θερμοκήπια κηπευτικών

.Συνολικά υπάρχουν 299,7 στρέμματα θερμοκηπίων, από τα οποία τα 105,5 είναι καλυμμένα με πλαστικό, τα 79,2 στρ. είναι καλυμμένα με γυαλί και τα 115 στρέμματα είναι καλυμμένα με «σαμάρια» για καλλιέργεια σπαραγγιών. Για θεραπευτικούς σκοπούς (Λουτροθεραπεία), υπάρχουν ορισμένα λουτροθεραπευτικά κέντρα, θα μπορούσαν όμως να δημιουργηθούν νέα, δεδομένου του μεγάλου αριθμού γεωθερμικών πεδίων που υπάρχουν στη χώρα. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει αρχίσει στη χώρα μας μία σημαντική προσπάθεια για την αξιοποίηση των θερμών ρευστών και σε άλλους αναπτυξιακούς τομείς και κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας, την οποία περιέχουν υπό μορφή θερμότητας.

## 2.2.7 Συμπεράσματα

Η συνδυασμένη χρήση της βάσης δεδομένων και του GIS, οδήγησε στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος αποθήκευσης, διαχείρισης και αξιολόγησης όλων των διαθέσιμων πληροφοριών για τα γεωθερμικά πεδία του ελλαδικού χώρου. Στη βάση δεδομένων καταχωρήθηκαν στοιχεία που αφορούσαν στα γεωγραφικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά 57 γεωθερμικών πεδίων που έχουν ερευνηθεί από διάφορους φορείς. Στους θεματικούς χάρτες που προέκυψαν υπάρχουν πληροφορίες για κάθε παράμετρο που χαρακτηρίζει τα γεωθερμικά πεδία σε σχέση και με τη γεωγραφική θέση τους. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα ανάλυσης των κατανομών που αφορούν στα καταχωρημένα πεδία. Το σύστημα των παραμέτρων είναι ευέλικτο στη χρήση του και επιτρέπει σε κάθε νέο χρήστη να προσαρμόσει τα δεδομένα του, ανάλογα με τις απαιτήσεις της δουλειάς του. Τόσο η βάση δεδομένων όσο και το GIS μπορεί να επεκταθεί και να ανανεώνεται με επιπλέον πληροφορίες, όταν αυτές είναι διαθέσιμες. Σύμφωνα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους τα γεωθερμικά πεδία στον Ελλαδικό χώρο είναι αρκετά διάσπαρτα και η πυκνότητα κατανομής τους διαφέρει ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή. Επισημαίνεται ο μεγάλος αριθμός τους στη Μακεδονία και στη Θράκη καθώς και στα Νησιά του Αιγαίου. Σε 51 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται από 25-90°C, είναι δηλαδή πεδία χαμηλής ενθαλπίας, ενώ μόνο σε 6 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 90°C, είναι δηλαδή πεδία υψηλής ενθαλπίας. Σε 2 γεωθερμικά πεδία η θερμοκρασία των ρευστών είναι μεγαλύτερη από 150°C (325°C στη Μήλο και 400°C στη Νίσυρο), τα οποία μάλιστα είναι τα σημαντικότερα πεδία υψηλής ενθαλπίας στον ελληνικό χώρο. Σε 12 γεωθερμικά πεδία η αλατότητα κυμαίνεται από 0,5-9gr/lit, σε 7 πεδία κυμαίνεται από 9-25 gr/lit, είναι δηλαδή μεγάλη, ενώ μόνο σε 2 γεωθερμικά πεδία η αλατότητα κυμαίνεται από 25-49 gr/lit, η οποία θεωρείται πολύ μεγάλη. Η βεβαιωμένη θερμική ισχύς σε 6 πεδία κυμαίνεται από 2,05-6,05 MW, ενώ σε άλλα 8 κυμαίνεται από 6,05-12,09 MW. Σε 5 γεωθερμικά πεδία η βεβαιωμένη θερμική ισχύς κυμαίνεται από 12,09-33,49 MW. Πρέπει να αναφερθεί ότι σε σύνολο 57 γεωθερμικών πεδίων μόνο σε 19 από αυτά κατέστη δυνατό να υπολογιστεί η βεβαιωμένη θερμική ισχύς. Το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό της Ελλάδος (βεβαιωμένη θερμική ισχύς) ανέρχεται σε 204,4MW που με μία μέση λειτουργία 20% ανά έτος μπορεί να δώσουν  $204,4 \times 8760 \times 0,2 = 358108,8$  MWh που ισοδυναμούν με 38498,1 ΤΙΠ (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) (1 ΤΙΠ = 9,302 MW). Αξίζει να τονισθεί, ότι για την πλήρη κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης σε μέσες κλιματολογικές συνθήκες της Κεντρικής Ελλάδας, απαιτούνται: α) 10 kW θερμικά για την πλήρη κάλυψη των θερμικών αναγκών μίας οικίας εμβαδού 80-100 m<sup>2</sup> ή αντίστοιχα β) 200 kW θερμικά για την πλήρη κάλυψη των θερμικών αναγκών, σε ώρες αιχμής,

ενός γυάλινου θερμοκηπίου συνολικού εμβαδού 1000 m<sup>2</sup>. Στην χώρα μας η κυριότερη χρήση των ρευστών των γεωθερμικών πεδίων είναι για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς. Συνολικά, υπάρχουν 25 λουτροθεραπευτικά κέντρα. 22,2 MW θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούνται για θέρμανση θερμοκηπίων που αντιστοιχούν σε 299,7 στρέμματα με κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα, θα μπορούσαν όμως να δημιουργηθούν νέα, δεδομένου του μεγάλου αριθμού γεωθερμικών πεδίων που υπάρχουν στη χώρα. Εκείνο όμως που έχει μεγαλύτερη σημασία είναι να αξιοποιηθεί η ενέργεια των ρευστών των ανεκμετάλλευτων πεδίων. Μεγάλες είναι οι δυνατότητες που υπάρχουν στη χώρα μας για τη δημιουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων και την άμεση θέρμανση χώρων. Σύμφωνα με τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα, ο προσδιορισμός της παροχής, των ιδιοτήτων των ρευστών, τα αποθέματα, το θερμικό δυναμικό δεν είναι πιστοποιημένα σε πολλά πεδία της χώρας. Επομένως, υπάρχει ανάγκη να γίνουν ενέργειες που να δώσουν μια ποιο τεκμηριωμένη εικόνα για τα πεδία, επομένως και για τις δυνατότητες αξιοποίησής τους



**ΕΙΚΟΝΑ 34:** Γεωγραφική κατανομή των γεωθερμικών πεδίων σύμφωνα με τις εφαρμογές τους

## 2.3 Προϋποθέσεις –Καθορισμός γεωλογίας

Η αναζήτηση των γεωθερμικών περιοχών με ρευστά που να σχηματίζουν ένα εκμεταλλεύσιμο κοίτασμα, γίνεται με κατάλληλη γεωθερμική έρευνα, η οποία πραγματοποιείται κυρίως στην επιφάνεια με τις μικρότερες κατά το δυνατόν δαπάνες. Αν η επιφανειακή έρευνα δείξει θετικά αποτελέσματα ακολουθεί ανόρυξη ερευνητικών και κατόπιν παραγωγικών γεωτρήσεων, οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα δαπανηρές. Η γεωθερμική έρευνα διακρίνεται σε τέσσερα κύρια τυποποιημένα (ή τυπικά) στάδια :

1) Γενική επισκόπηση μεγάλης κλίμακας. Χρήση όσο το δυνατόν περισσότερων στοιχείων (γεωλογικοί και τεκτονικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, βιβλιογραφική ανασκόπηση, αναγνωριστικές επισκέψεις, θερμομετρήσεις, δειγματοληψίες-αναλύσεις νερών κτλ.) για την στην επιλογή και υπόδειξη των περιοχών με τις ευνοϊκότερες συνθήκες.

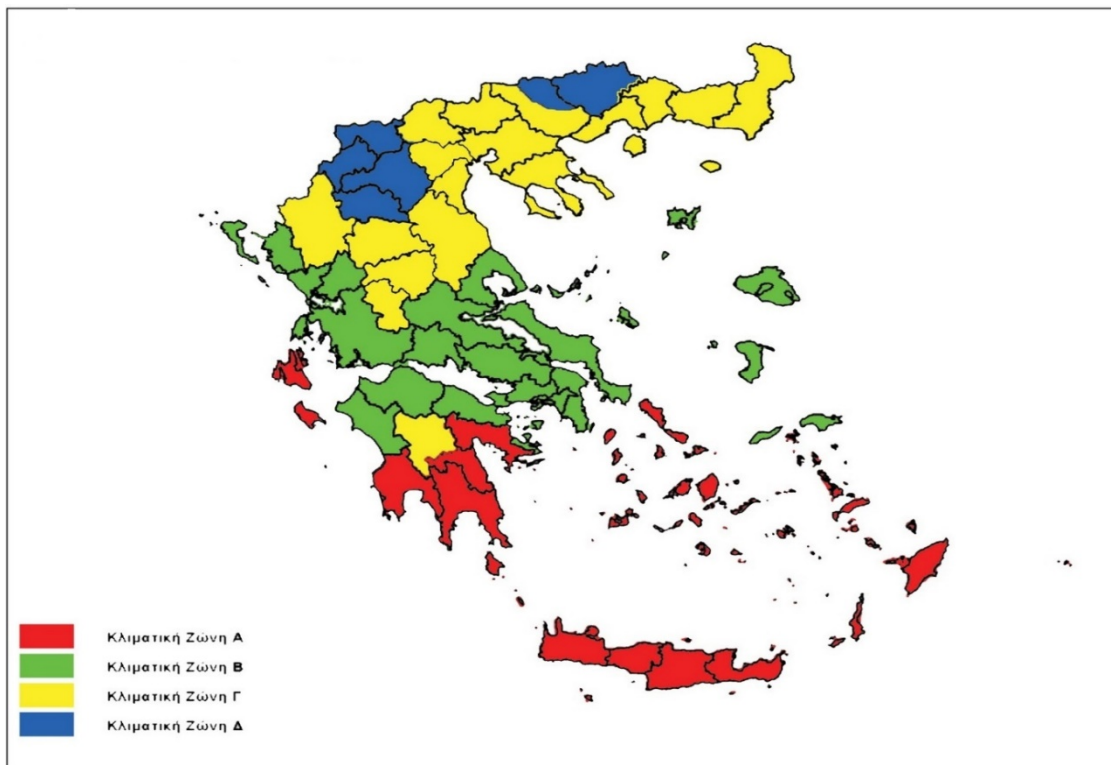
2) Λεπτομερής και συστηματική έρευνα των πιθανότερων γεωθερμικών περιοχών. Ερευνώνται με λεπτομέρεια εκείνοι οι παράγοντες (γεωλογικοί, τεκτονικοί, ηφαιστειολογικοί, στρωματογραφικοί, λιθολογικοί, υδρογεωλογικοί, γεωχημικοί, γεωφυσικοί, θερμοδυναμικοί κτλ.) που μπορούν να χαρακτηρίσουν μια γεωθερμική περιοχή. Τελικός στόχος του σταδίου αυτού είναι ο προσδιορισμός του γεωθερμικού μοντέλου κάθε γεωθερμικού κοιτάσματος και η γνώση της θέσης και κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα γεωθερμικά ρευστά ή θερμά πετρώματα. Συγχρόνως προτείνεται η σειρά, το βάθος και τα χαρακτηριστικά των ερευνητικών-παραγωγικών γεωτρήσεων.

3) Εντοπισμός-περιχάραξη των γεωθερμικών πεδίων και μελέτη των χαρακτηριστικών. Το στάδιο αυτό καταλήγει στον προσδιορισμό των πιθανότερων γεωθερμικών περιοχών και των θέσεων στις οποίες προτείνεται η εκτέλεση των πρώτων βαθιών γεωτρήσεων έρευνας και παραγωγής. Στη συνέχεια καταρτίζεται το λεπτομερές πρόγραμμα γεωτρήσεων. Οι γεωθερμικές γεωτρήσεις διακρίνονται, αναφορικά με το σκοπό της ανόρυξής τους, σε ερευνητικές, παραγωγικές ή επανεισαγωγής, και σε σχέση με την ενθαλπία των ρευστών, σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής ενθαλπίας.

4) Ανάπτυξη και διαχείριση των γεωθερμικών πεδίων. Αναφέρεται στα σπουδαιότερα προβλήματα διαχείρισης και λειτουργίας ενός γεωθερμικού πεδίου. Τα παραπάνω τυποποιημένα (ή τυπικά) στάδια ισχύουν σε όλες τις περιπτώσεις της γεωθερμικής έρευνας, αν και οι επί μέρους γεωλογικές συνθήκες καθορίζουν την ξεχωριστή διάρθρωση και ανάπτυξη του κάθε σταδίου. Μπορεί να αλλάξει η λεπτομερής διάρθρωση και η ανάπτυξη των επί μέρους σταδίων, γενικά όμως οι εργασίες ακολουθούν την προαναφερθείσα τυπική σειρά. Σε κάθε φάση απαιτείται υποχρεωτικά η συνεργασία και ο συντονισμός των διαφόρων επιστημόνων και τεχνικών που εμπλέκονται στην όλη έρευνα.

## 2.4 Μελέτη θερμικών απωλειών κτηρίου

Πριν γίνει οποιαδήποτε παρέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο πρέπει να εκτιμηθεί η υπάρχουσα κατάσταση. Τα περισσότερα κτίρια στην Ελλάδα αιμοραγούν από το σύστημα θέρμανσης. Για να επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα θέρμανσης και να υποβοηθηθεί ίσως με κάποιες επεμβάσεις θερμομόνωσης πρέπει πρώτα να γίνουν κάποιο αναλυτικοί υπολογισμοί όπως είναι η εκτίμηση των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Με τον όρο θερμικές απώλειες εννοούμε την ποσότητα εκείνη της ενέργειας (θερμικής) που πρέπει να αποδώσουμε στο χώρο για να διατηρεί σταθερές συνθήκες ανέσεως (κυρίως θερμοκρασία αλλά και υγρασία αν υπάρχει δυνατότητα ρύθμισής της και καθαρότητα του αέρα) στο εσωτερικό του. Ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών γίνεται από μηχανολόγο μηχανικό με εμπειρία στον τομέα αφού πρώτα διενεργήσει αυτοψία στο κτίριο και καταγράψει όλες τις διαστάσεις του χώρου, τα ανοίγματα, τις θέσεις των θερμαντικών σωμάτων, τον τρόπο θερμομόνωσης, τα πάχη των τοίχων, των δαπέδων, των οροφών, τους προσανατολισμούς, τα γειτονικά κτίρια και διαμερίσματα και τις χρήσεις τους, τις ανάγκες των χρηστών και πολλά άλλα. Αρχικά ορίζονται οι συνθήκες ανέσεως ενός χώρου, δηλαδή η απαιτούμενη θερμοκρασία, υγρασία και καθαρότητα του αέρα, ώστε οι χρήστες να νιώθουν άνετα (το χειμώνα, όσον αφορά τις θερμικές απώλειες). Οι συνθήκες αυτές έχουν καθοριστεί από διεθνείς προδιαγραφές και υπάρχουν σε πίνακες που χρησιμοποιούμε για τους αναλυτικούς υπολογισμούς. Οι πρακτικοί κανόνες που δίδονται αναφέρονται σε εσωτερική θερμοκρασία 20-22°C. Την υγρασία και την καθαρότητα του αέρα με συμβατικούς τρόπους θέρμανσης δεν μπορούμε να την επηρεάσουμε πάρα μόνο με κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Οι θερμικές απώλειες αποτελούνται κυρίως από 2 συνιστώσες: τις απώλειες από το περίβλημα (τοίχους, δάπεδα, οροφές, ανοίγματα) και τις απώλειες εισόδου αέρα από χαραμάδες (πόρτες, παράθυρα, τζάκια, εξαεριστήρες κλπ.). Εξετάζεται η τοποθεσία του κτιρίου, καθώς ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση μεταβάλλονται οι κλιματολογικές συνθήκες και κυρίως η μέση ελάχιστη θερμοκρασία που θα αντιμετωπίσουν οι εξωτερικοί τοίχοι και κατά συνέπεια το σύστημα θέρμανσης.



**ΕΙΚΟΝΑ 35:** Κλιματικές ζώνες Ελλαδικού χώρου

Επίσης καταγράφονται οι γειτνιάζοντες χώροι και εκτιμάται η θερμοκρασία τους. Για παράδειγμα ένα γειτονικό εφαπτόμενο διαμέρισμα που κατοικείται μόνιμα δεν προσθέτει απώλειες καθώς θεωρείται ότι η θερμοκρασία του είναι ίδια με τον εξεταζόμενο χώρο, αντίθετα ένα φροντιστήριο, μια σχολή χορού, ένα άδειο διαμέρισμα προσθέτουν απώλειες. Ιδιαίτερη προσοχή θέλει στις μέρες μας το γεγονός ότι εξαιτίας της οικονομικής δυσπραγίας και των αυξημένων τιμών του πετρελαίου πολλοί συγκάτοικοί μας δεν θερμαίνουν τα σπίτια τους και αυτό προσθέτει απώλειες που δεν είχαν υπολογιστεί στις αρχικές μελέτες κατά την κατασκευή του κτιρίου. Επίσης πολλοί χώροι (επαγγελματικοί κυρίως) παραμένουν ξενοίκιαστοι προσθέτοντας απώλειες παρομοίως. Σε όλους τους παραπάνω υπολογισμούς λαμβάνεται με διαφορετική βαρύτητα υπόψη ο προσανατολισμός του εξεταζόμενου τοίχου ή ανοίγματος καθώς άλλες απώλειες έχει ένας βορεινός τοίχος και άλλες ένας νότιος που στην Ελλάδα το χειμώνα προσπίπτει ήλιος για κατά μέσο όρο 4 ώρες τη μέρα (το χειμώνα). Τα παραπάνω λαμβάνονται υπόψη για εξωτερικούς τοίχους και τα εξωτερικά ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα) του χώρου που μας ενδιαφέρει. Στη συνέχεια εκτιμάται η συμβολή στις απώλειες των εσωτερικών τοίχων και ανοιγμάτων. Αν οι τοίχοι και τα ανοίγματα έρχονται σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο δεν λαμβάνονται υπόψη, αν όμως ισχύει κάτι διαφορετικό θέλουν ιδιαίτερη προσοχή (πχ επαφή με διάδρομο που συνήθως έχει χαμηλότερη θερμοκρασία, επαφή με κλιμακοστάσιο, ανελκυστήρα κλπ.). Εν συνεχεία εξετάζονται το δάπεδο και η οροφή του κτιρίου όπου πάλι ισχύει ότι αν έρχεται σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο παρόμοιας χρήσης δεν λαμβάνεται υπόψη σε αντίθεση με οποιαδήποτε άλλη περίπτωση (πιλοτής, πλάκα εκτεθειμένη, κεραμοσκεπή, σοφίτα κλπ.). Σε όλα τα παραπάνω λαμβάνεται υπόψη η δομή των στοιχείων όπως για παράδειγμα: διπλός τοίχος με τούβλα και μόνωση διπλά τζάμια με κενό, μονά τζάμια, ξύλινο δάπεδο και πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20εκ, κλπ. Τέλος προστίθενται οι απώλειες λόγω εισροής αέρα από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων όπου λαμβάνεται υπόψη το μήκος τους και ο προσανατολισμός τους. Υπάρχουν κάποιοι πρακτικοί κανόνες για τη διενέργεια πρόχειρων εκτιμήσεων και προσεγγίσεων οι οποίες συχνά είναι χρήσιμες ως μια πρώτη προσέγγιση για την αρχική εκτίμηση των δράσεων που απαιτούνται και του κόστους τους για την εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο.

### 1<sup>η</sup> προσέγγιση

α) Για γωνιακά δωμάτια με δύο εξωτερικούς τοίχους: 50-60 kcal/h ανα m<sup>3</sup> χώρου

β) Για δωμάτια με ένα εξωτερικό τοίχο: 30-40 kcal/h ανά m<sup>3</sup> χώρου

Οι τιμές μπορούν να μειωθούν κατά 10% σε περίπτωση καλής μόνωσης.

### 2<sup>η</sup> προσέγγιση

		Εμβαδό σπιτιού					
		100m <sup>2</sup>	120m <sup>2</sup>	130m <sup>2</sup>	140m <sup>2</sup>	160m <sup>2</sup>	180m <sup>2</sup>
Πολύ καλή μόνωση	kW	9,5	11,4	12,4	13,3	15,2	17,1
	kcal/h	8.000	9.600	10.400	11.200	12.800	14.400
Μέτρια μόνωση	kW	12,0	14,4	15,6	16,8	19,2	21,6
	kcal/h	10.300	12.400	13.400	14.500	16.500	18.500
Κακή μόνωση	kW	14,0	16,8	18,2	19,6	22,4	25,2
	kcal/h	12.000	14.400	15.600	16.800	19.200	21.600
Ανυπαρξία μόνωσης	kW	20,9	25,1	27,2	29,3	33,5	37,7
	kcal/h	18.000	21.600	23.400	25.200	28.800	32.400

## 2.5 Διαστασιολόγηση των αντλιών θερμότητας

Η επιλογή του μεγέθους της Α.Θ. γίνεται ως εξής:

- Εάν η Α.Θ. πρέπει να παρέχει όλη την απαιτούμενη θερμότητα στο κτίριο, η θερμική της ισχύς (σε kW) επιλέγεται ίση ή μεγαλύτερη από το μέγιστο θερμικό φορτίο του κτηρίου. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να εξετάζεται ο βαθμός επίδοσης και η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς, ιδιαίτερα στις Α.Θ. αέρα/νερού, όταν η θερμοκρασία βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Επίσης πρέπει να εξετάζεται και το κόστος, διότι μπορεί να είναι προτιμότερο να επιλεγεί μία Α.Θ. με μικρότερη ισχύ και να τη συνδυαστεί με μία συμπληρωματική πηγή θερμότητας.
- Εάν μαζί με την Α.Θ. εγκαθίσταται και μία συμπληρωματική πηγή (π.χ. λέβητα θερμού νερού), η θερμική ισχύς της Α.Θ. επιλέγεται ώστε να καλύπτει το 40-50% του μέγιστου θερμικού φορτίου του κτηρίου. Έτσι η θερμικές ανάγκες του κτηρίου καλύπτονται μέχρι μια ορισμένη εξωτερική θερμοκρασία μόνο από την αντλία θερμότητας. Η περίπτωση αυτή είναι συνηθισμένη σε συστήματα με Α.Θ. αέρα/νερού. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες είτε σταματά η λειτουργία της Α.Θ. είτε λειτουργούν συγχρόνως και οι δύο πηγές θερμότητας. Ακόμη όμως και στην περίπτωση των συστημάτων μόνο με Α.Θ. συνήθως εγκαθίσταται και μία συμπληρωματική πηγή θερμότητας, για καθαρά λόγους ασφαλείας. Όταν γίνεται χρήση αντλιών θερμότητας υπάρχουν παράμετροι στις οποίες πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή.
- Η θερμική ισχύς της Α.Θ. εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της πηγής θερμότητας και του νερού θέρμανσης.
- Η Α.Θ. πρέπει να εγκαθίσταται στη γραμμή επιστροφής, μεταξύ θερμαντικών σωμάτων και λέβητα.
- Η μέγιστη θερμοκρασία του θερμού νερού από την αντλία θερμότητας είναι συνήθως 55°C. Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του νερού επιστροφής δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή που ορίζει ο κατασκευαστής.
- Η παροχή του θερμού νερού στη αντλία θερμότητας δεν πρέπει ποτέ να πέφτει κάτω από το ελάχιστο της παροχής που δίνει ο κατασκευαστής, κατά τη διάρκεια λειτουργίας της αντλίας.
- Η ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής του νερού, σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, πρέπει να γίνεται με την έναρξη – παύση λειτουργίας της Α.Θ. και όχι μέσω βάνας ανάμιξης.

Η λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας βελτιώνεται πάντοτε με τη χρήση δοχείου αποθήκευσης. Όσο λιγότερο είναι το νερό στο δίκτυο θέρμανσης, τόσο πιο γρήγορα θερμαίνεται και ψύχεται. Η αντλία θερμότητας πρέπει να ακολουθήσει αυτές αλλαγές θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να το κάνει όμως μόνο με την έναρξη παύση της λειτουργίας. Ο συμπιεστής της Α.Θ. δεν πρέπει να αναβοσβήνει περισσότερο από οχτώ φορές την ώρα. Το δοχείο αποθήκευσης βελτιώνει τη λειτουργία της Α.Θ. δίνοντας στο σύστημα θερμική αδράνεια.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## Μελέτες πραγματικών εγκαταστάσεων

---

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται δύο εγκαταστάσεις γεωθερμικών συστημάτων, μια οικίας και ενός ξενοδοχείου.



### 3.1. Εγκατάσταση Συστήματος Γεωθερμίας σε οικία στη Βυτίνα Αρκαδίας

Πρόκειται για μία κατοικία 450m<sup>2</sup> που βρίσκεται στην περιοχή της ορεινής Αρκαδίας στη Βυτίνα, στην οποία πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση του γεωθερμικού συστήματος κλειστού κυκλώματος. Έχουν εφαρμοστεί συστήματα «πράσινων τεχνολογιών» με έμφαση τόσο στον τρόπο παραγωγής & μετάδοσης θερμικής ενέργειας όσο και στο κέλυφος. Στα ανοίγματα έχουν τοποθετηθεί κουφώματα θερμοδιακοπής με διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες. Σαν μέσο μετάδοσης είχε σχεδιαστεί ένα μεικτό σύστημα θέρμανσης δαπέδου όπου έχει κατανεμηθεί το βασικό φορτίο του σπιτιού ενώ έχουν προστεθεί και σώματα χαμηλών θερμοκρασιών για τα μέγιστα της ζήτησης ή την γρήγορη απόκριση του συστήματος όταν ζητηθεί από τον χρήστη. Το σύστημα συμπληρώνει όπου είναι απαραίτητο η θέρμανση τοίχου. Επιπρόσθετα έχουν τοποθετηθεί ηλιακοί συλλέκτες τόσο για υποβοήθηση θέρμανσης όσο και για την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης.



ΕΙΚΟΝΑ 36: Οικία στην Βυτίνα Αρκαδίας

#### 3.1.1 Συνοπτικά τεχνικά στοιχεία εγκατάσταση

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης & Ψύξης τοποθετήθηκαν -2- ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος 20kW θερμικής ισχύος η κάθε μία. Η μία μονάδα συνδέεται με την ενδοδαπέδια θέρμανση ενώ η άλλη με το σύστημα των καλοριφέρ. Το σύστημα του γεωεναλλάκτη αποτελείται από -5- κατακόρυφες γεωτρήσεις των **100 μέτρων** με σωλήνα πολυαιθυλενίου διπλού -U- **Φ35**. Οι γεωθερμικές αντλίες ενώνονται στον κοινό συλλέκτη με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όλες οι γεωτρήσεις για κάθε αντλία χωριστά αλλά και για ταυτόχρονη χρήση.

Το σύστημα ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης αποτελείται από -5- ηλιακούς συλλέκτες συνολικής επιλεκτικής επιφάνειας 12,6 m<sup>2</sup> .

Για την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης & για την χρήση των σωμάτων χαμηλών θερμοκρασιών χρησιμοποιήθηκε δοχείο συνδυαστικής αποθήκευσης **1.000 λίτρων**.

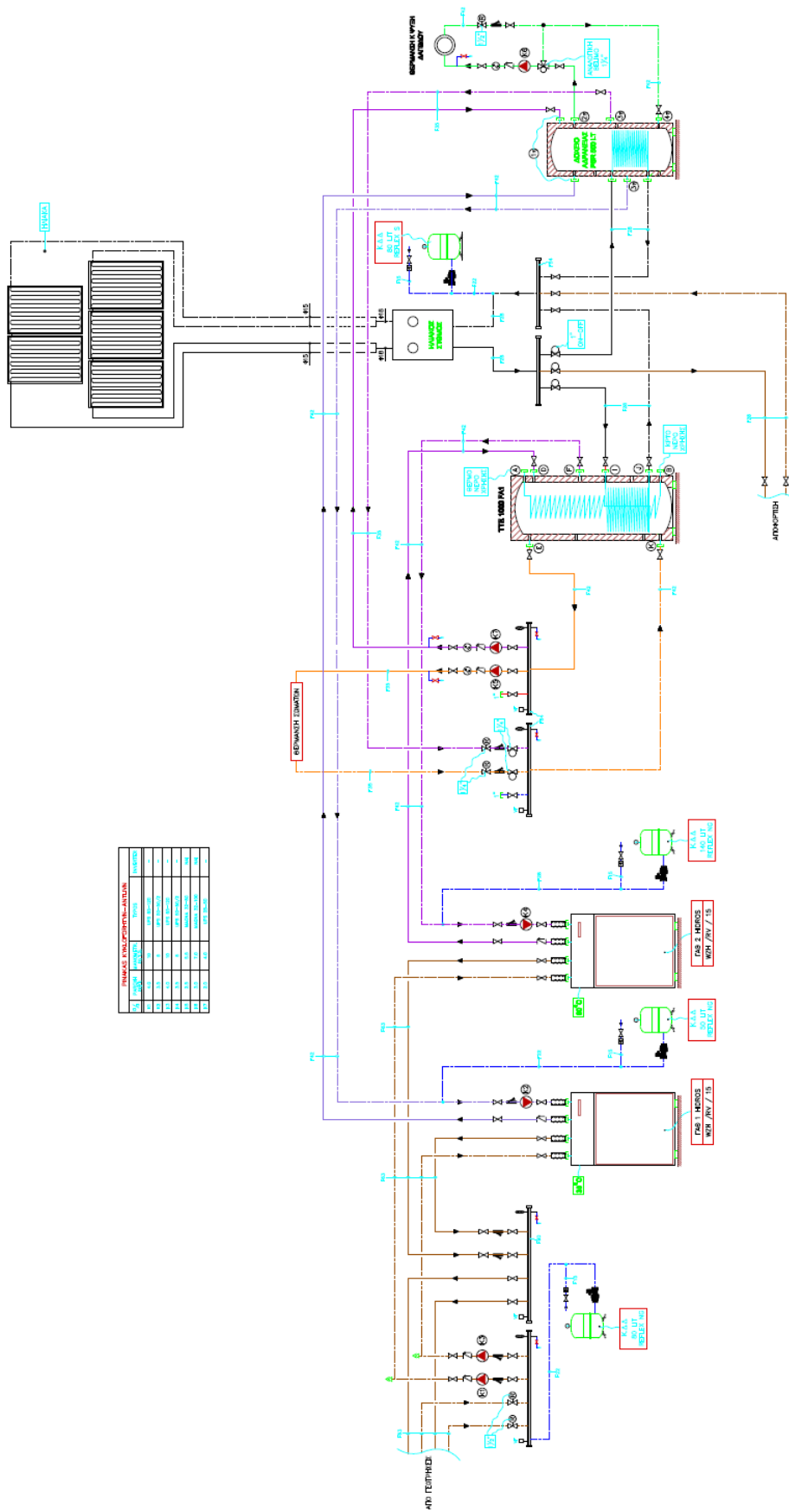
Το σύστημα συμπληρώνει αυτοματισμός ο οποίος αναλαμβάνει μεταξύ άλλων :

- Τη ρύθμιση του set point των μονάδων ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία (αντιστάθμιση) όσο και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής στο σύστημα της ενδοδαπέδιας μέσω τρίοδης ρυθμιστικής.
- Τις αυτονομίες στους χώρους.
- Τα σενάρια λειτουργίας που χωρίζονται τόσο εποχικά (χειμώνας/ καλοκαίρι) όσο και στην χρήση της οικίας π.χ.:
  - Τη χειμερινή περίοδο σε περίπτωση που κατοικείται το σπίτι η προτεραιότητα του ήλιου είναι στα ZNX και μετά στην υποστήριξη θέρμανσης και τα set point των μονάδων είναι τα προκαθορισμένα από τον χρήστη με τα σώματα σε αναμονή.

Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν βρίσκεται στο σπίτι η προτεραιότητα του ήλιου μεταβαίνει στην υποστήριξη θέρμανσης ενώ απενεργοποιούνται τα σώματα καθώς αλλάζουν και τα προκαθορισμένα set points σε χαμηλότερο επίπεδο.

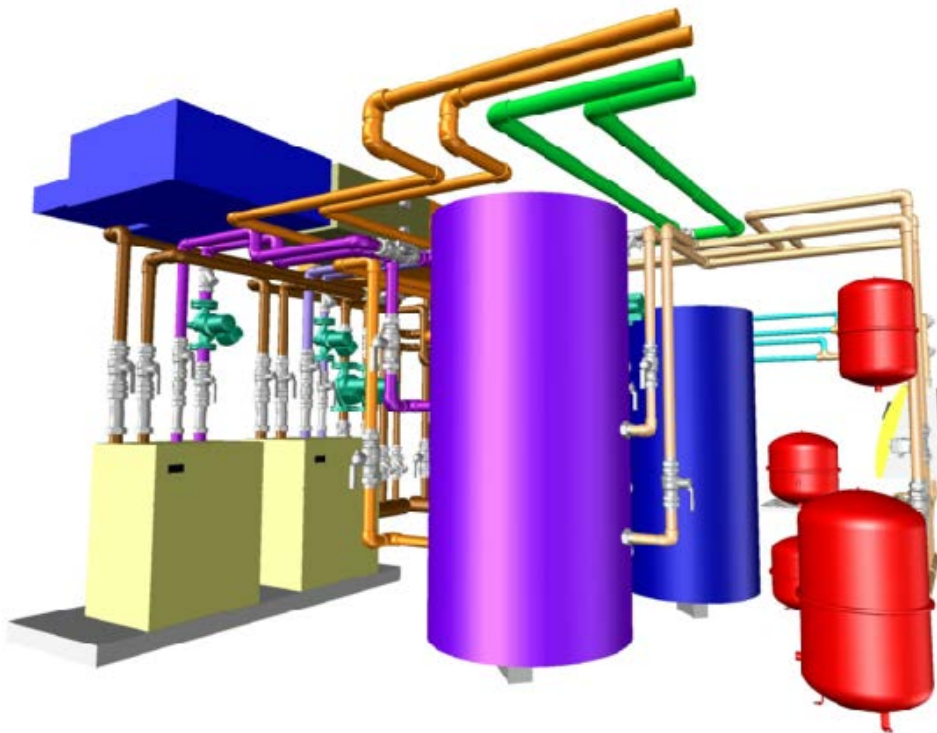


**EIKONA 37:** Αντλίες Θερμότητας

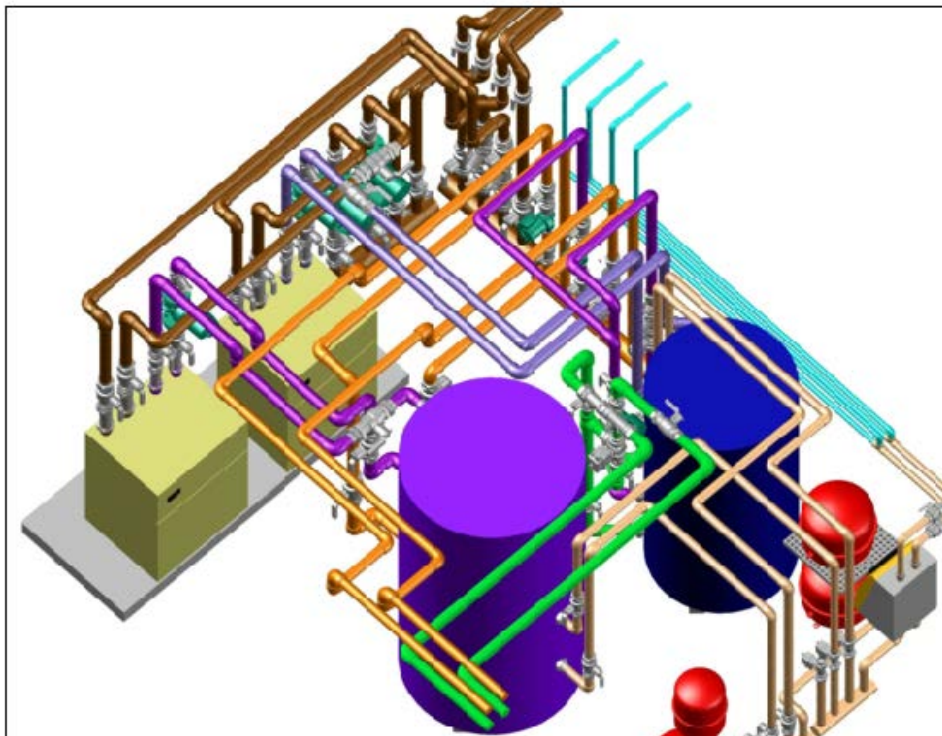


ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ-ΑΞΙΩΝ			
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝ.	ΑΞΙΑ
1	ΠΡΟΣΑΡΤΗΡΙΑΣΤΕΡΗ	-	-
2	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
3	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
4	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
5	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
6	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
7	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
8	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
9	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
10	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
11	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
12	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
13	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
14	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
15	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
16	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
17	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
18	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
19	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
20	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
21	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
22	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
23	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
24	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
25	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
26	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
27	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
28	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
29	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
30	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
31	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
32	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
33	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
34	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
35	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
36	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
37	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
38	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
39	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
40	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
41	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
42	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
43	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
44	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
45	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
46	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
47	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
48	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
49	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10
50	ΑΠΟΡΡΟΗ	l/s	10

ΕΙΚΟΝΑ 38: Σχέδιο μηχανοστασίου



**ΕΙΚΟΝΑ 39:** Τρισδιάστατη αναπαράσταση μηχανοστασίου



**ΕΙΚΟΝΑ 40:** Τρισδιάστατη αναπαράσταση μηχανοστασίου



**ΕΙΚΟΝΑ 41:** Φωτογραφία μηχανοστασίου

### **Γενική εποπτεία μονάδας**

Έχει εγκατασταθεί σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου των ΓΑΘ μέσω Web-Server με δυνατότητα:

- Ελέγχου προσαγωγών/επιστροφών και εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Ελέγχου λειτουργίας κομπρεσέρ και κυκλοφορητών.
- Ενεργοποίησης/απενεργοποίησης κυκλοφορητών και κομπρεσέρ.
- Ενεργοποίησης / απενεργοποίησης μονάδας (unit remote on/off)
- Εποπτεία και διόρθωση σφαλμάτων (remote reset).
- Μεταγωγής εποχικής λειτουργίας (remote summer/winter).
- Αλλαγής των set points των μονάδων.
- Αλλαγής του τρόπου αντιστάθμισης.
- Εποπτεία ωρών λειτουργίας συστήματος.
- Δυνατότητα λήψης & επεξεργασίας στοιχείων.



ΕΙΚΟΝΑ 42: Σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου ΓΑΘ

### 3.1.2 Συνοπτική λειτουργία συστήματος θέρμανσης- ψύξης-ZNX στην οικία

#### I - ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ

Το μηχανοστάσιο του συστήματος θέρμανσης-ψύξης & παραγωγής ζεστών νερών χρήσης στην οικία της Βυτίνας αποτελείται από:

- Δύο -2- γεωθερμικές αντλίες θερμότητας τύπου WZH 15/RV
- Δύο -2- κυκλοφορητές πηγής που συνδέονται στις γεωθερμικές αντλίες
- Ένα δοχείο αδράνειας θέρμανσης/ψύξης **500 λίτρων**
- Ένα συνδυαστικό δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού **1.000 λίτρων** για τροφοδότηση του κλάδου των καλοριφέρ & την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης μέσω INOX εσωτερικού εναλλάκτη
- Αντίσταση Boiler
- Δύο -2- κυκλοφορητές από τις γεωθερμικές αντλίες προς τα δοχεία αποθήκευσης (ένα από κάθε αντλία θερμότητας)
- Κυκλοφορητής ενδοδαπέδιας θέρμανσης με τρίοδη αναμεικτική βάνα
- Κυκλοφορητής σωμάτων καλοριφέρ
- Κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας

- Ηλιακός σταθμός με ενσωματωμένο κυκλοφορητή και -3- ηλεκτροβάνες
- Πίνακας αυτοματισμού με οθόνη ZELIO
- WEBBOX επικοινωνίας γεωθερμικών μονάδων με το διαδίκτυο
- Διακόπτες BUS
- Ασφαλιστικά συστήματα

## **II – ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

### **A. ΧΕΙΜΩΝΑΣ –ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ «ΗΡΘΑ»**

- Το σπίτι ζεσταίνεται μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος από την ΓΑΘ -1- και μέσω καλοριφέρ από την ΓΑΘ -2- η οποία χρησιμοποιείται και για τα ζεστά νερά χρήσης.
- Ο ήλιος δρα υποβοηθητικά πρώτα για τα ζεστά νερά χρήσης και μετά στο δάπεδο.
- Οι ΓΑΘ έχουν η κάθε μία ένα διαφορετικό set θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι άλλη είναι η ρύθμιση λειτουργίας (άρα και καταναλώσεων) της ΓΑΘ -1- και άλλη της ΓΑΘ -2- .Ο αυτοματισμός της ενδοδαπέδιας αποφασίζει τι set θα περάσει ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία.
- Οι θερμοστάτες (όπου υπάρχουν) θα πρέπει να είναι γυρισμένοι στη «ΦΛΟΓΑ» (δηλαδή στη θέρμανση) και να οριστεί η επιθυμητή θερμοκρασία χώρου. Όταν αναβοσβήνει η «ΦΛΟΓΑ» στο θερμοστάτη σημαίνει ότι είναι εν λειτουργία ώστε να φτάσει το επιθυμητό set. Όταν δεν αναβοσβήνει σημαίνει ότι έχει πιάσει set-point.
- Οι θερμοστάτες ενεργούν στα σώματα ενώ η ενδοδαπέδια είναι αδιάλειπτα «ON» και λειτουργεί με εξωτερική αντίσταση και εφόσον ο διακόπτης της είναι σε θέση «ON». Αυτό σημαίνει ότι η ενδοδαπέδια είναι ρυθμισμένη με το set της ΓΑΘ -1- και αυξομειώνεται με την εξωτερική θερμοκρασία αυτόματα.
- Η αντίσταση για τα ζεστά νερά μπαίνει χειροκίνητα σε θέση «ON» ή «OFF». Η αντίσταση δεν πρέπει να δουλεύει στο σύστημα που έχει σχεδιαστεί λόγω του ότι όλες οι ανάγκες καλύπτονται πλήρως από τη γεωθερμική μονάδα και τα ηλιακά. Έχει τοποθετηθεί μόνο σε περίπτωση ανάγκης / βλάβης και αυτό χειροκίνητα ώστε να μην έχετε καταναλώσεις. Για το σκοπό αυτό μάλιστα έχει εγκατασταθεί και ο αυτοματισμός που βγάζει σειρήνα σε περίπτωση που η αντίσταση ξεχαστεί πάνω από 5 ώρες ανοιχτή.
- Ο κυκλοφορητής των σωμάτων ξεκινάει μόνο αν το μπόιλερ έχει άνω 40°C θερμοκρασία ώστε να έχουμε μόνιμα >40°C boiler για ZNX.

### **B. ΧΕΙΜΩΝΑΣ –ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ «ΦΕΥΓΩ»**

- Το σπίτι στην ενδοδαπέδια λειτουργεί με χαμηλότερο set στο δοχείο ώστε να «κρατιέται» σε μια ικανοποιητική θερμοκρασία χωρίς να παγώσει και να χρειαστεί να θερμανθεί εκ νέου σε περίοδο πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.
- Η ηλιακή υποβοήθηση πηγαίνει στην υποστήριξη δαπέδου.
- Τα σώματα παύουν να λειτουργούν παρά το ότι μπορεί να είναι στο «ON» και κλείνει και ο κυκλοφορητής τους.
- Η ΓΑΘ -2- βγαίνει «OFF» και μαζί με αυτή βγαίνουν εκτός και όλοι οι κυκλοφορητές που ελέγχει.
- Η ΓΑΘ -1- εξακολουθεί να είναι «ON».

### **C. ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ «ΗΡΘΑ»**

- Το σπίτι λειτουργεί σε ψύξη εφόσον
- Τα σώματα ΔΕΝ λειτουργούν ακόμα και που είναι στο «ON».
- Το σπίτι ψύχεται μέσω ενδοδαπέδιου συστήματος από την ΓΑΘ -1-.
- Η ΓΑΘ -2- ασχολείται με τα ζεστά νερά χρήσης μόνο.

- e. Ο ήλιος δρα υποβοηθητικά πρώτα για τα ζεστά νερά χρήσης.
- f. Εφόσον το δοχείο των ζεστών νερών υπερβεί μια θερμοκρασία από τον ήλιο τότε γυρνάει η ηλιακή υποβοήθηση στην δεξαμενή εκτόνωσης.
- g. Η ΓΑΘ -1- έχει ένα set ψύξης.
- h. Ο αυτοματισμός της ενδοδαπέδιας αφήνει μέσω της τρίοδης αναμεικτικής βάνας να περάσει στα δάπεδα η θερμοκρασία νερού που επιτρέπεται χωρίς να δημιουργηθεί υγρασία στο δάπεδο. Υπολογίζεται το σημείο δρόσου και προστίθενται για ασφάλεια κάμποιοι βαθμοί που φαίνονται στον ηλεκτρονικό πίνακα ZELIO.

D. ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ «ΦΕΥΓΩ»

- a. Κλείνουν όλα σε περίπτωση που θα θέλαμε ψύξη αρκεί να το αφήσουμε στο «ΗΡΘΑ» και την ενδοδαπέδια στο «ON».
- b. Αντ’ αυτού θα μπορούσε να ενεργοποιηθεί και μέσω του BUS απομακρυσμένα.

**III – ΟΘΟΝΗ ΠΙΝΑΚΑ ZELIO**

ΟΘΩΝΗ PLC Νου 28 ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ			
	PROSAGOGH	0	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΔΑΠΕΔΟΥ
	THERM ΧΟΡΟΥ	0	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ
ΥΓΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ	YGR +00	D.P. +00	ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ
ΘΕΡΜ. ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΙΘΕΤΑΙ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΔΡΟΣΟΥ ΤΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ	D.P. +02	MODE OFF	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΑΠΕΔΟΥ
	1	2	
	ΑΝΕΒΑΖΕΙ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΙΘΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ	ΚΑΤΕΒΑΖΕΙ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΙΘΕΤΑΙ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ	
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΙΘΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΔΡΟΣΟΥ ΕΙΝΑΙ ΟΙ 2 ΒΑΘΜΟΙ			

- **MODE OFF** → Το σύστημα είναι OFF από εντολή
- **MODE HEATING** → Έχουμε ενεργή εντολή από θερμοστάτες και το σύστημα λειτουργεί σε θέρμανση
- **MODE COOLING** → Έχουμε ενεργή εντολή από θερμοστάτες και το σύστημα λειτουργεί σε ψύξη



#### **IV- ALARMS**

- Εάν η ΓΑΘ -1- βγάλει σφάλμα τότε αυτό αναγράφεται πάνω στην οθόνη και χτυπάει η σειρήνα. για να απενεργοποιηθεί η σειρήνα αρκεί να πατήσουμε εάν κουμπί στο κοντρόλ της αντλίας. Το σφάλμα θα εξακολουθεί να αναβοσβήνει.
- Εάν η γαρ -2- βγάλει σφάλμα τότε αυτό αναγράφεται πάνω στην οθόνη και χτυπάει η σειρήνα. παίρνει μπροστά η αντίσταση. αν έχει ZNX από τα ηλιακά δεν λειτουργεί η αντίσταση. για να απενεργοποιηθεί η σειρήνα αρκεί να πατήσουμε εάν κουμπί στο κοντρόλ της αντλίας. το σφάλμα θα εξακολουθεί να αναβοσβήνει.
- Εάν η ξεχαστεί η αντίσταση ανοιχτή για 5 ώρες τότε χτυπάει η σειρήνα και μας δείχνει στην οθόνη ότι «η αντίσταση είναι on».
- Εάν βγάλει σφάλμα οι ΓΑΘ για να απενεργοποιηθεί πατάμε
  - o «MENU» + «SET» + «SET»

#### **V - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ BUS**

Οι θέσεις των διακοπών στο bus που αφορούν το σύστημα θέρμανσης/ψύξης & ZNX είναι:

1. Ψύξη/θέρμανση
2. Ενδοδαπέδια on/off
3. Σώματα on/off
4. Spa on/off
5. Boiler on/off
6. Ανακυκλοφορία on/off
7. Ήρθα/φεύγω
8. Αντίσταση boiler on/off

#### **VI - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ WEBBOX**

Στις γεωθερμικές μονάδες είναι συνδεδεμένος WEB-server όπου μπορούμε να δούμε από το διαδίκτυο:

- τα σφάλματα
- τις θερμοκρασίες προσαγωγής, επιστροφής των γεωτρήσεων αλλά και των δοχείων
- τα set point των μονάδων
- εάν είναι σε ψύξη ή θέρμανση

Μπορούμε και να κάνουμε και παρεμβάσεις όπως αλλαγές set ή αναίρεση σφαλμάτων. Δεν μπορούμε δούμε τίποτα μέσα στο σπίτι όπως επίσης και δεν μπορούμε να δούμε την λειτουργία του ηλιακού.

### **3.1.3 Εκτίμηση καταναλώσεων και αναφορά μετρήσεων**

Παρακάτω παρουσιάζεται η μεθοδολογία υπολογισμού των καταναλώσεων και απαιτήσεων της οικίας στη Βυτίνα καθώς επίσης και μια πρώτη επεξεργασία των δεδομένων που έχουν ληφθεί από το μηχάνημα τηλεμετρίας των γεωθερμικών μονάδων.

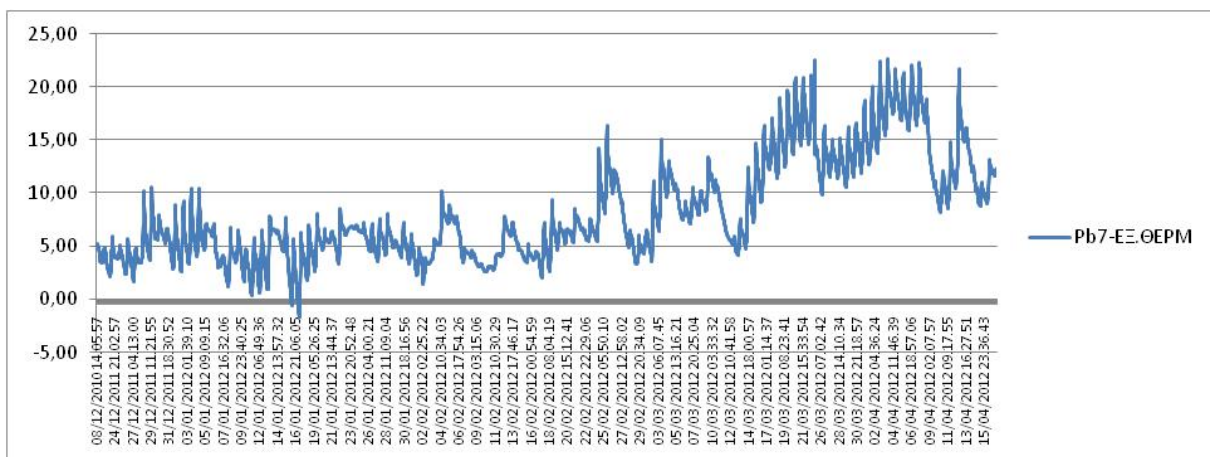
Σαν γενική εικόνα η εγκατεστημένη ισχύς του μηχανοστασίου ανέρχεται στα 10kW και αποτελείται από τις -2- γεωθερμικές μονάδες, τους κυκλοφορητές πηγής προς τις μονάδες, τους κυκλοφορητές χρήσης από τις μονάδες προς τα δοχεία, τους κυκλοφορητές προς από τα δοχεία προς τις καταναλώσεις καθώς επίσης και έναν ηλιακό σταθμό για την ηλιακή υποβοήθηση που χρησιμοποιεί κυκλοφορητή. Από τα στοιχεία του απομακρυσμένου ελέγχου έχουμε δυνατότητα να υπολογίσουμε τις καταναλώσεις των γεωθερμικών αντλιών, των κυκλοφορητών μεταξύ μονάδων και γεωεναλλακτών καθώς επίσης και των καταναλώσεων των κυκλοφορητών μεταξύ μονάδων και δοχείων. Δεν υπάρχει εποπτεία για τους κυκλοφορητές από τα δοχεία προς χρήση και γίνεται η παραδοχή ότι λειτουργούν όσο και οι κυκλοφορητές μεταξύ μονάδων και δοχείων (ο υπολογισμός αυτός θα δώσει τη μέγιστη κατανάλωση καθόσον οι κυκλοφορητές μεταξύ γεωθερμικών μονάδων & δοχείων είναι συνεχώς σε θέση «ON» όσο ο αυτοματισμός μας τους δίνει «ON»).

Συνοπτικά παραθέτουμε τα εξής στοιχεία που λήφθηκαν από την επιτήρηση:

- Η ΓΑΘ -1- της ενδοδαπέδιας έχει λειτουργήσει **1.360 ώρες** ενώ
- Η ΓΑΘ -2- των ΖΝΧ έχει λειτουργήσει **710 ώρες**.
- Οι κυκλοφορητές μεταξύ των ΓΑΘ -1- & -2- προς τη ΓΗ
  - Κυκλοφορητής ΓΑΘ -1- προς γη: **1.480 ώρες**
  - Κυκλοφορητής ΓΑΘ -2- προς γη: **880 ώρες**
- Οι κυκλοφορητές μεταξύ των ΓΑΘ -1- & -2- προς δοχεία
  - Κυκλοφορητής ΓΑΘ -1- προς δοχείο αδράνειας: **2.840 ώρες**
  - Κυκλοφορητής ΓΑΘ -2- προς δοχείο ΖΝΧ & σώματα: **2.400 ώρες**

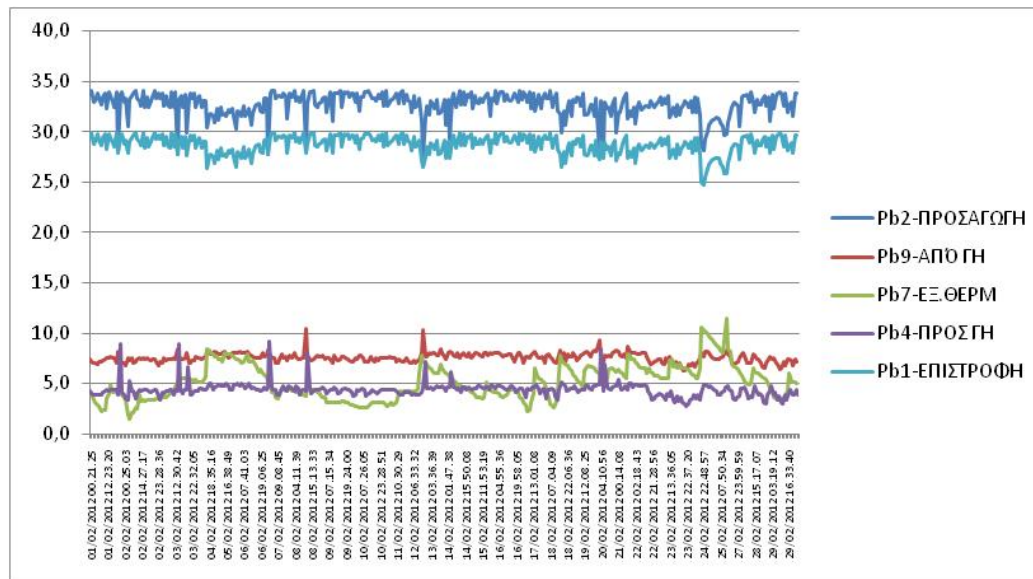
### 3.1.4 Αναλυτικά στοιχεία

#### ➤ Κλιματολογικά δεδομένα περίοδος Δεκεμβρίου- Απριλίου

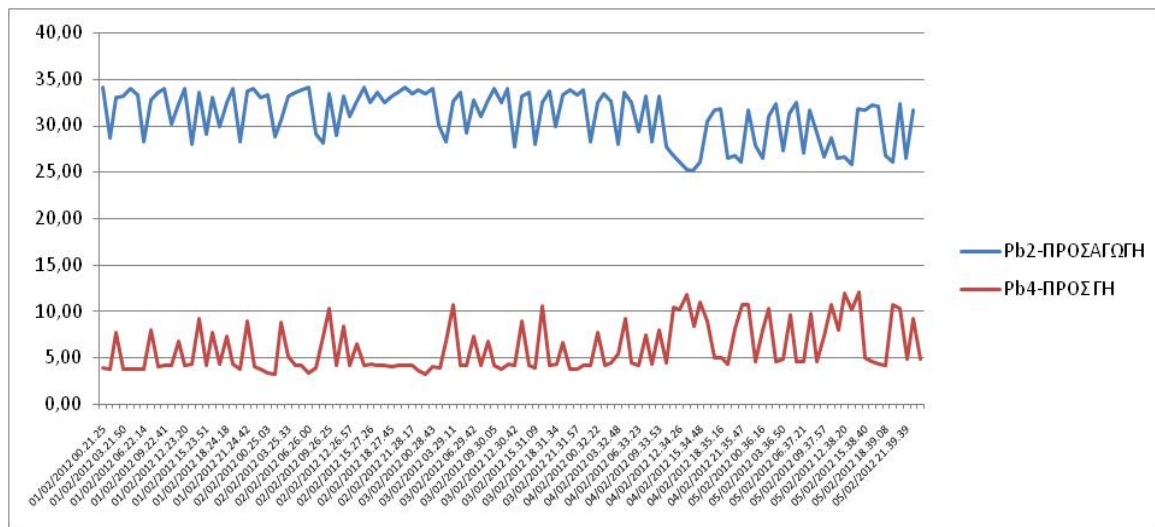


- Μέση θερμοκρασία: **8,1 °C**
- Ελάχιστη θερμοκρασία: **-1,8 °C**
- Μέγιστη θερμοκρασία: **22,6 °C**

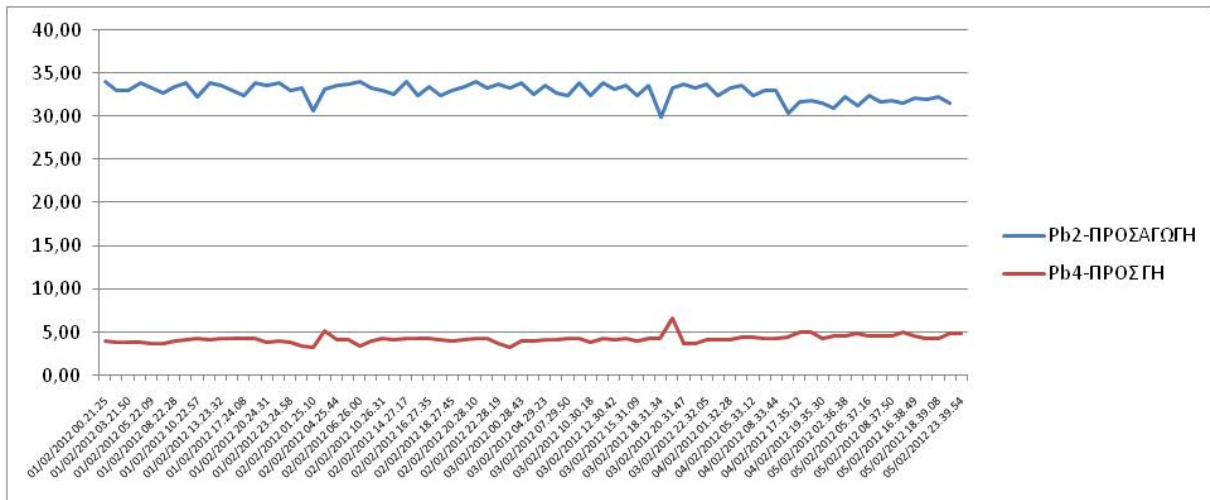
➤ Λήψη και επεξεργασία στοιχείων από Γεωθερμική μονάδα ενδοδαπέδιας θέρμανσης τον Φεβρουάριο



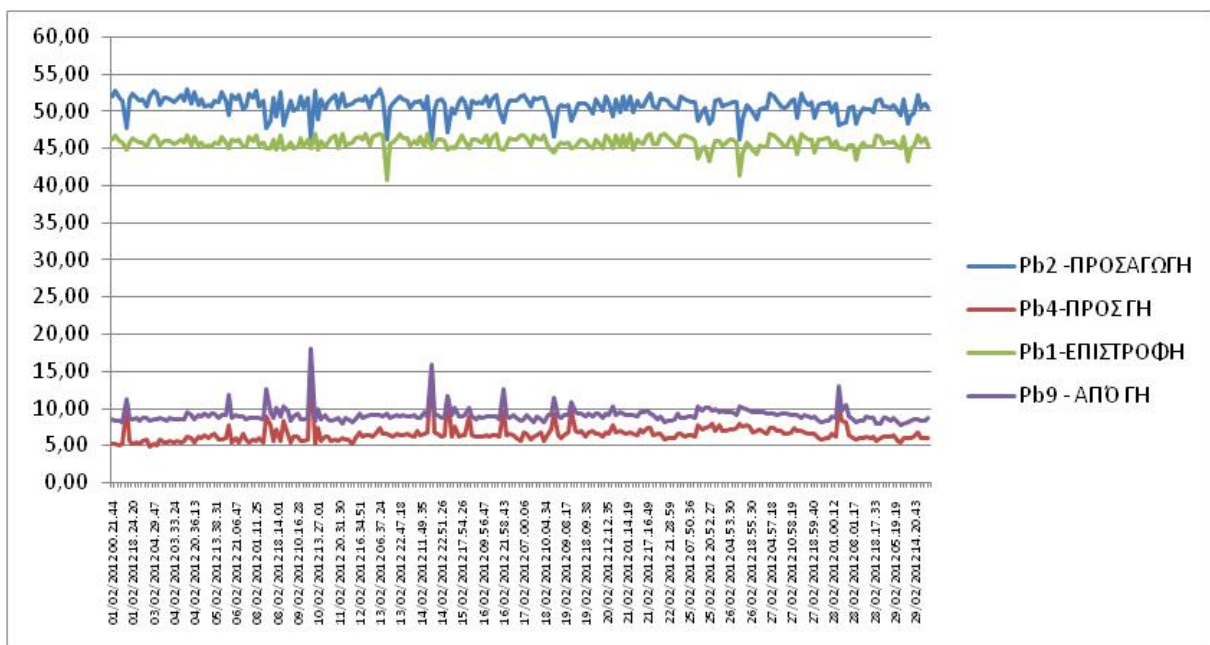
➤ Διάστημα 1-5 Φεβρουαρίου γεωθερμική μονάδα ενδοδαπέδιας θέρμανσης



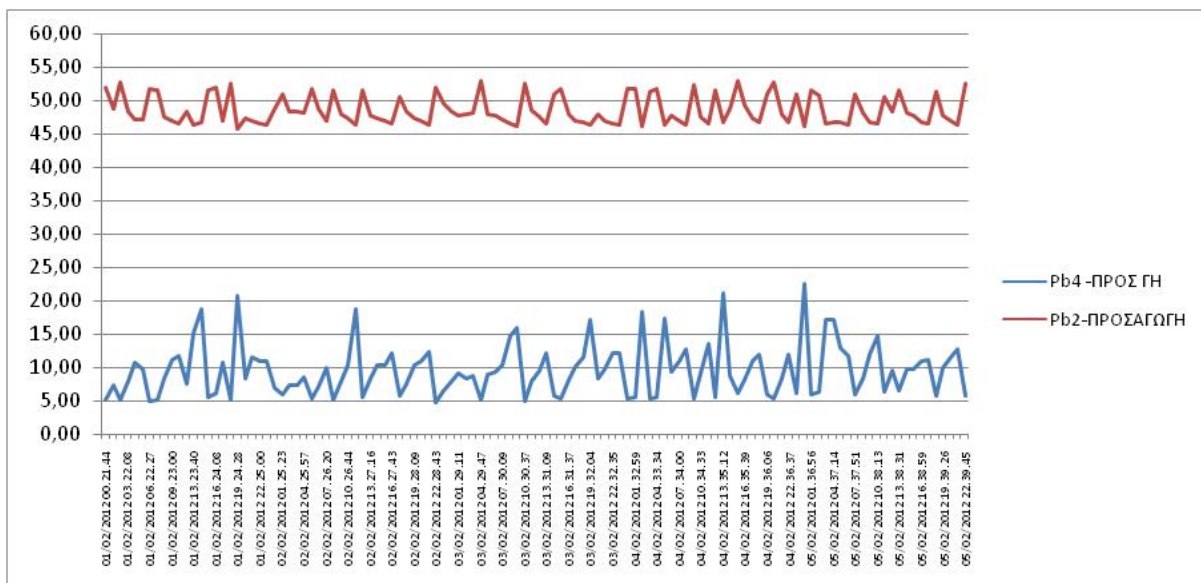
➤ Διάστημα 1-5 Φεβρουαρίου γεωθερμική μονάδα ενδοδαπέδιας θέρμανσης (μόνο on)



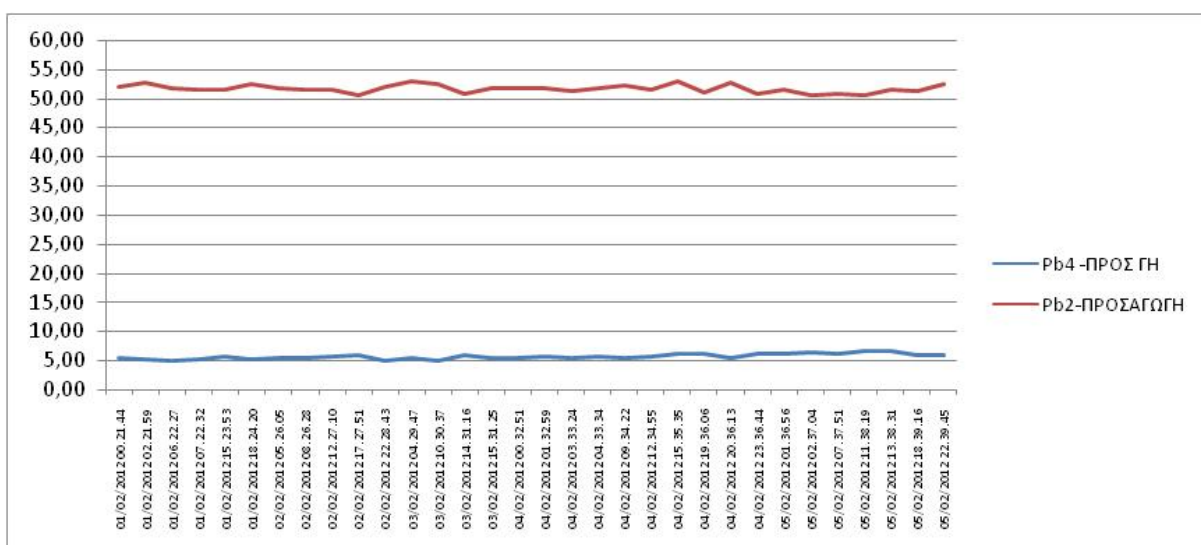
➤ Γεωθερμική μονάδα ΖΝΧ και σωμάτων τον Φεβρουάριο



➤ Διάστημα 1-5 Φεβρουαρίου γεωθερμική μονάδα σωμάτων και ΖΝΧ



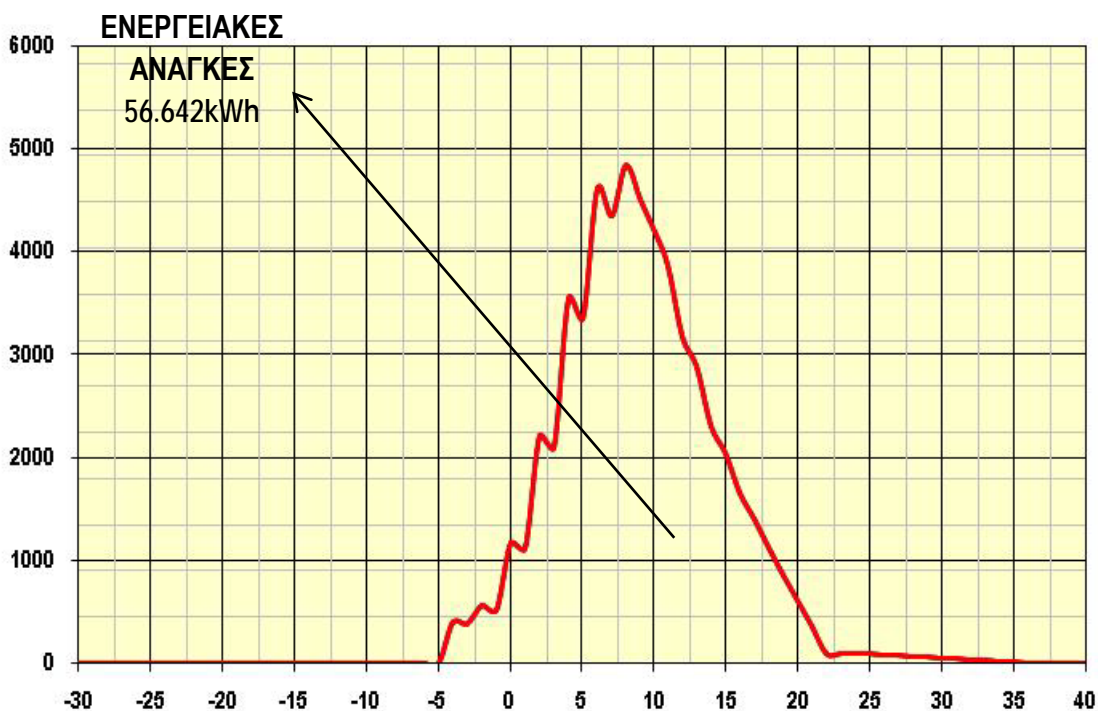
➤ Διάστημα 1-5 Φεβρουαρίου γεωθερμική μονάδα σωμάτων και ΖΝΧ (μόνο οη)



## Αρχική εκτίμηση καταναλώσεων (πριν τη χρήση)

### ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ/ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α/Θ

Το γράφημα δείχνει την τάση των απωλειών θερμότητας του κτηρίου (σε kWh, μαζί με ΖΝΧ-κόκκινη γραμμή), σε σύγκριση με τη θερμική ενέργεια που παράγεται από την Α/Θ (σε kWh- μπλε γραμμή)



## Αρχική εκτίμηση καταναλώσεων (πριν τη χρήση) κάλυψη από Α/Θ ενδοδαπέδιας

### ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΤΗΡΙΟΥ/ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α/Θ

Το γράφημα δείχνει την τάση των απωλειών θερμότητας του κτηρίου (σε kwh, μαζί με ΖΝΧ-κόκκινη γραμμή), σε σύγκριση με τη θερμική ενέργεια που παράγεται από την Α/Θ (σε kwh- μπλε γραμμή)

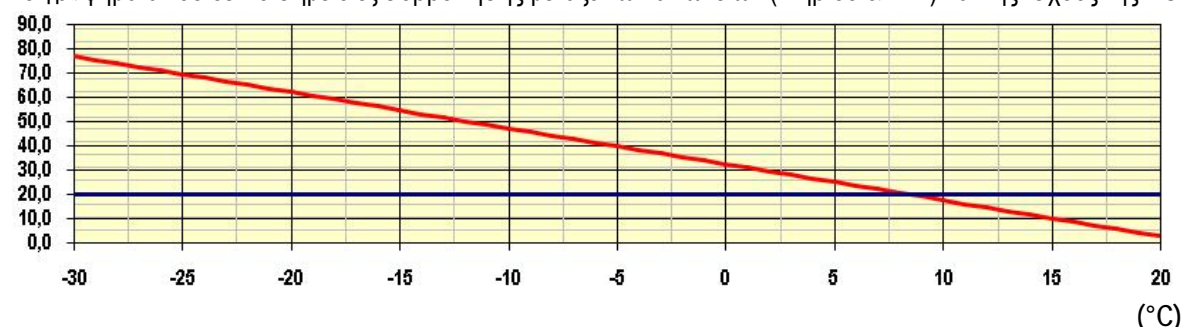


## Αρχική εκτίμηση καταναλώσεων (πριν τη χρήση) κάλυψη από Α/Θ ενδοδαπέδιας

Απώλειες κτηρίου	kwh	<b>53580</b>	Χειμερινή περίοδος (ώρες) / Διόρθωση	<b>4938</b>	<b>2963</b>
Ζεστά νερά χρήσης	kwh	<b>0</b>	Ωρες λειτουργίας Α/Θ	h	<b>2365</b>
Απώλειες κτηρίου & ΖΝΧ	kwh	<b>53580</b>	Απώλειες λόγω απόψυξης	kwh	<b>0</b>
Θερμική ενέργεια από Α/Θ	kWh	<b>47970</b>	Απώλειες λόγω απόψυξης	%	<b>0,0%</b>
Ηλεκτρική ενέργεια από Α/Θ	kwh	<b>10363</b>	Κόστος ενέργειας Α/Θ	€	<b>1554,4</b>
Εποχιακός βαθμός απόδοσης Α/Θ	C.O.P.	<b>4,63</b>			

### ΣΗΜΕΙΟ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ

Το γράφημα αποδίδει το σημείο εξισορρόπησης μεταξύ των απωλειών (κτιρίου & ZNX) και της ισχύος της ΑΘ



### Αρχική εκτίμηση καταναλώσεων (πριν τη χρήση) κάλυψη από Α/Θ ΖΝΧ και σωμάτων

Υπόλοιπες απώλειες κτιρίου	kwh	5609			
Ζεστά νερά χρήσης	kwh	3062	Ώρες λειτουργίας Α/Θ	h	456
Απώλειες κτιρίου & ΖΝΧ	kwh	8671	Απώλειες λόγω απόψυξης	kwh	0
Θερμική ενέργεια από Α/Θ	kWh	8671	Απώλειες λόγω απόψυξης	%	0,0%
Ηλεκτρική ενέργεια από Α/Θ	kwh	2676	Κόστος ενέργειας Α/Θ	€	401,5
Ολοκλήρωση με ηλεκτρική αντίσταση	kwh	0	Κόστος ενέργειας αντίστασης	€	0,0
Εποχιακός βαθμός απόδοσης Α/Θ	C.O.P.	3,24	Εποχιακός βαθμός απόδοσης Α/Θ & αντίστασης	C.O.P.	3,24

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΟΛΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ

Συνολικά υπολογίζοντας και τους 2 κυκλοφορητές προς το γεωθερμικό σύστημα αλλά και τους άλλους 4 κυκλοφορητές προς τα δοχεία αλλά και από τα δοχεία προς τον χρήστη έχουμε μια συνολικά εγκαταστημένη ισχύ γύρω στα 10kW.

- Η επιπρόσθετη κατανάλωση που υπολογίζουμε από τους κυκλοφορητές είναι 1.455kWh, επομένως ο συνολικός εποχικός (χειμώνα) βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης υπολογίζεται σε
- $S.C.O.P = 56.641kWh_{th} / 14.493kWh_{el} \approx 3,91$  με
- Εκτίμηση κόστους λειτουργίας συστήματος  $\approx 2.175$  €



### 3.1.5 Φωτογραφικό υλικό



ΕΙΚΟΝΑ 43: Συνδεσμολογία



**ΕΙΚΟΝΑ 44:** Φωτογραφία από τις εργασίες εκσκαφής



**ΕΙΚΟΝΑ 45:** Ηλιακοί συλλέκτες



**ΕΙΚΟΝΑ 46:** Οικία στην Βυτίνα Αρκαδίας

### 3.2 Εγκατάσταση Συστήματος Γεωθερμίας στο ξενοδοχείο ΑΜΑΛΙΑ στο Ναύπλιο

Το ξενοδοχείο Αμαλία Ναυπλίου δυναμικότητας 172 δωματίων, συνολικού εμβαδού 9,000 τμ σε οικόπεδο 36 στρεμμάτων, άρχισε να λειτουργεί το 1983. Έργο ενός από τους μεγαλύτερους Έλληνες αρχιτέκτονες, του Ν. Βαλσαμάκη, είναι κτισμένο όπως και τα άλλα 4 ξενοδοχεία του ομίλου σε νεοκλασικό στυλ και δένει αρμονικά με το δομημένο και φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Το 2007 ξεκίνησε η ριζική ανακαίνιση του ξενοδοχείου με σκοπό να ξαναποκτήσει την παλιά του αίγλη. Τα πάντα αλλάχτηκαν εκ βάθρων ξεκινώντας από τα κουφώματα και τις πόρτες, την επίπλωση, τις μοκέτες, τα υφάσματα, τα χρώματα, τον εξοπλισμό, μέχρι τα μηχανολογικά (υδραυλικά, ηλεκτρολογικά, κλιματισμό), τις κουζίνες, τα πλυντήρια κτλ. Έγινε καινούργια μονάδα βιολογικού καθαρισμού, τένις, ενώ αναβαθμίστηκαν και οι κήποι του συγκροτήματος,



**ΕΙΚΟΝΑ 47:** Ξενοδοχείο Αμαλία στο Ναύπλιο



**ΕΙΚΟΝΑ 48:** Ξενοδοχείο Αμαλία στο Ναύπλιο

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ύπαρξη υπόγειων νερών καθόρισε αμέσως και το είδος του συστήματος που εφαρμόστηκε: **ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ**

Το ανοικτό κύκλωμα ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ αποτελείται από πέντε υδρογεωτρήσεις: Δύο παραγωγικές και τρεις διάθεσης. Στις παραγωγικές υδρογεωτρήσεις τοποθετήθηκαν δύο αντλίες γεώτρησης ανοξειδωτες ονομαστικής παροχής 65m<sup>3</sup>/H με κατάλληλο μανομετρικό και inverter σύστημα λειτουργίας. Η επιλογή τέτοιου τύπου αντλίας έγινε λόγω της υψηλής υφαλμυρότητας του αντλούμενου νερού.



**ΕΙΚΟΝΑ 49:** Υδρογεώτρηση

Η πραγματική καινοτομία όμως, έγινε στο υπάρχον μηχανοστάσιο από όπου κρατήθηκαν οι δύο από τους τέσσερις υπάρχοντες λέβητες μόνο ως εφεδρικοί της εγκατάστασης. Νοείται πως αν σχεδιαζόταν μια νέα εγκατάσταση δεν χρειαζόταν καθόλου την ύπαρξη λεβήτων γιατί ένα σύστημα γεωθερμίας μπορεί να καλύπτει αυτόνομα όλες τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης.



**ΕΙΚΟΝΑ 50:** Φωτογραφία από το μηχανοστάσιο

Για την κάλυψη των αναγκών Θέρμανσης και Ψύξης του ξενοδοχείου τοποθετήθηκαν τέσσερα ζευγάρια ΓΑΘ, συνολικής ισχύος 704kw ανοικτού κυκλώματος με τέσσερις εναλλάκτες τιτανίου στο σύστημα άντλησης και επανεισαγωγής του υπόγειου νερού.



**ΕΙΚΟΝΑ 51:** Φωτογραφία από τις Αντλίες Θερμότητας

Τα χαρακτηριστικά των ΓΑΘ που χρησιμοποιήθηκαν που καταλήγουν σε ένα εντυπωσιακό βαθμό απόδοσης [COP].

Τεχνικά Στοιχεία ΓΑΘ:

1. Δύο πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας, ο ένας από τιτάνιο για το πρωτεύον κύκλωμα
2. Κύκλωμα ψυκτικού μέσου με όλες τις απαραίτητες διατάξεις ασφαλείας.
3. Ηχομονωμένο και αντιδονητικό περίβλημα.
4. Πίνακα ελέγχου λειτουργιών και τηλεχειριστήριο.
5. Βαθμό απόδοσης COP = 5.0
6. Ισχύ εισόδου 17,60 kw.
7. Θερμική ικανότητα 88 kw.

Η διάθεση του παραγόμενου από τις ΓΑΘ θερμικού ή ψυκτικού φορτίου γίνεται μέσω κατάλληλων κυκλοφορητών προς τις θερματικές μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα – Fan Coil Units και τις ΚΚΜ

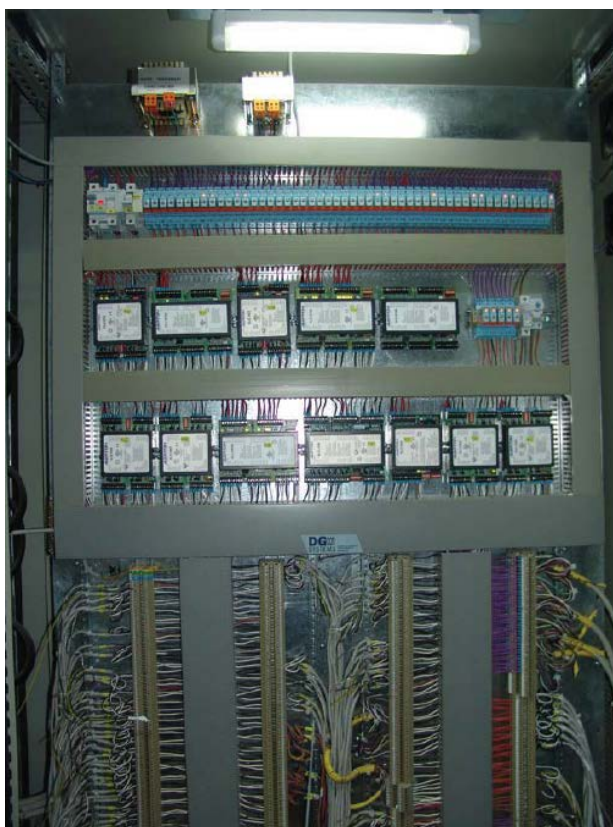


**ΕΙΚΟΝΑ 52:** Φωτογραφία από το μηχανοστάσιο



**ΕΙΚΟΝΑ 53:** Φωτογραφία από το μηχανοστάσιο

Όπως φαίνεται και από τις φωτογραφίες ουσιαστικά υπάρχουν τέσσερα ζευγάρια ΓΑΘ, το καθένα από τα οποία αποτελείται από δύο αντλίες θερμότητας και κάθε ζευγάρι είναι συνδεδεμένο με τον αντίστοιχο εναλλάκτη τιτανίου. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα προχωρημένο σενάριο λειτουργίας το οποίο υποστηριζόμενο από ένα εξίσου τέλειο σύστημα διαχείρισης (BMS) θα δώσει στους ιδιοκτήτες του έργου την μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

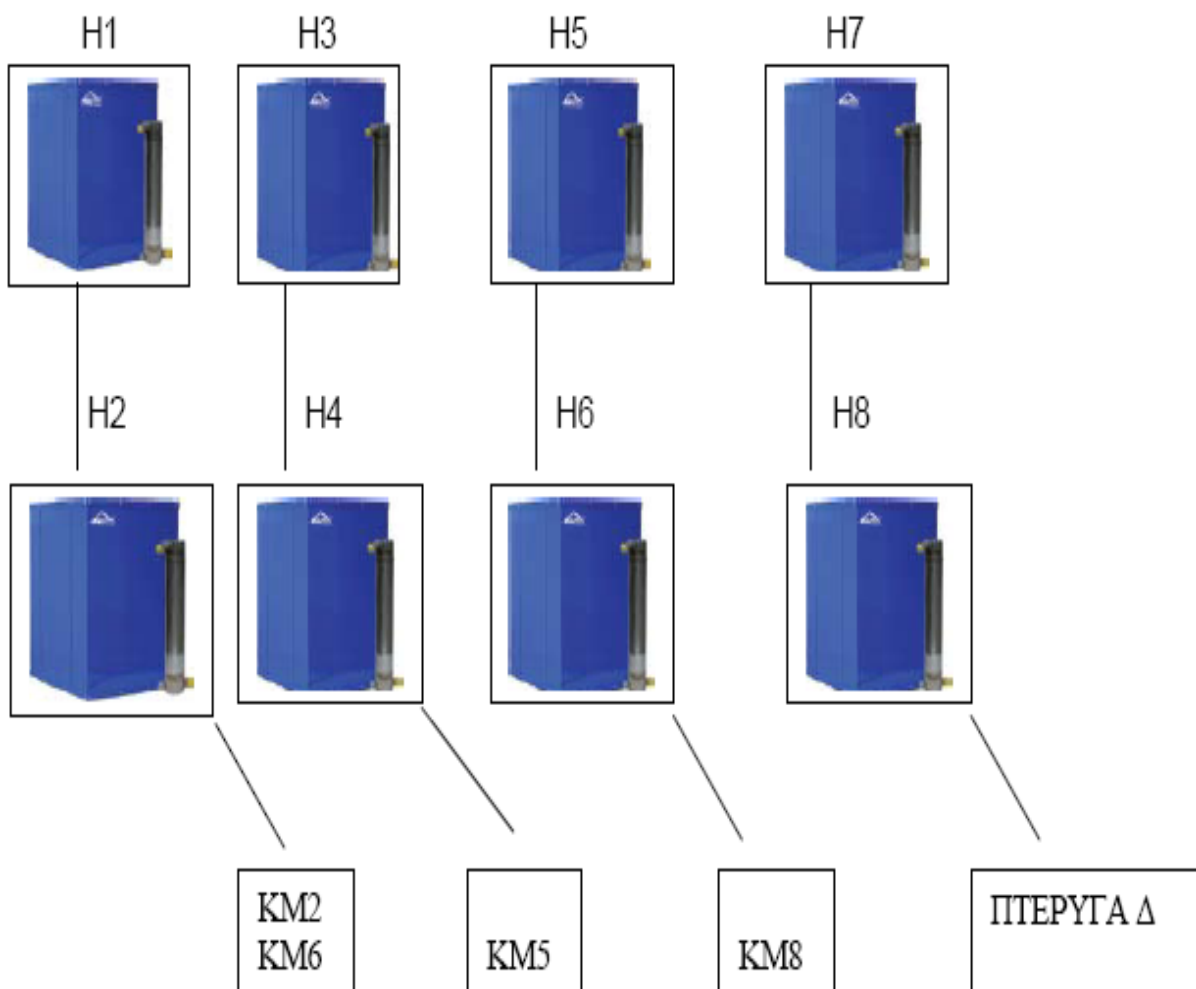


**ΕΙΚΟΝΑ 54:** Σύστημα διαχείρισης BMS

## Θερινή Περίοδος

Όταν υπάρχουν οι πρώτες απαιτήσεις μόνο ψύξης ενεργοποιούνται από το ζευγάρι H1, H2 (π.χ.) η πρώτη (H1) και ταυτόχρονα και η υδρόψυκτη αντλία ανάκτησης για την παραγωγή Z.N.X. και κατόπιν η δεύτερη (H2). Κατόπιν από το επόμενο ζευγάρι η πρώτη κλπ. Όταν υπάρχει μια συγκεκριμένη απαίτηση θέρμανσης τότε γυρίζει η αντλία θερμότητας που αντιστοιχεί σε αυτή την απαίτηση στην mode heat. Αν όμως δεν λειτουργούσε καθόλου, τότε ξεκινά να λειτουργεί σε mode heat. Τα ζευγάρια μπορούν να εναλλάσσονται κυκλικά μεταξύ τους.

Παράδειγμα: Ξεκινά το H1 πρώτα και μετά η αντλία ανάκτησης των Z.N.X., να λειτουργούν σε ψύξη, κατόπιν το H2 και μετά H3 και H4 κλπ. Όταν απαιτηθεί θέρμανση στη μονάδα π.χ. KM-2 & KM-6 τότε το H2 γυρίζει στη θέρμανση.

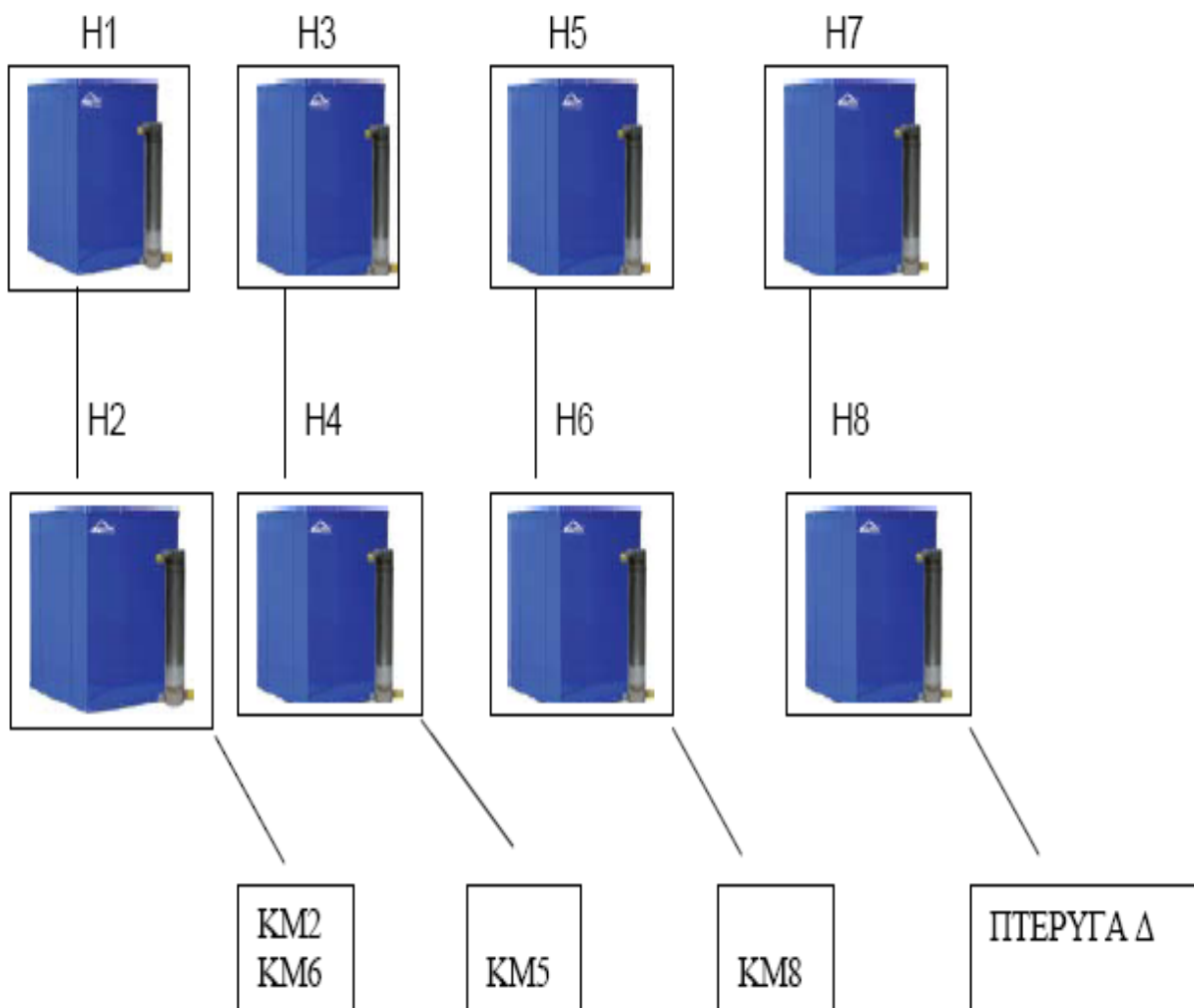




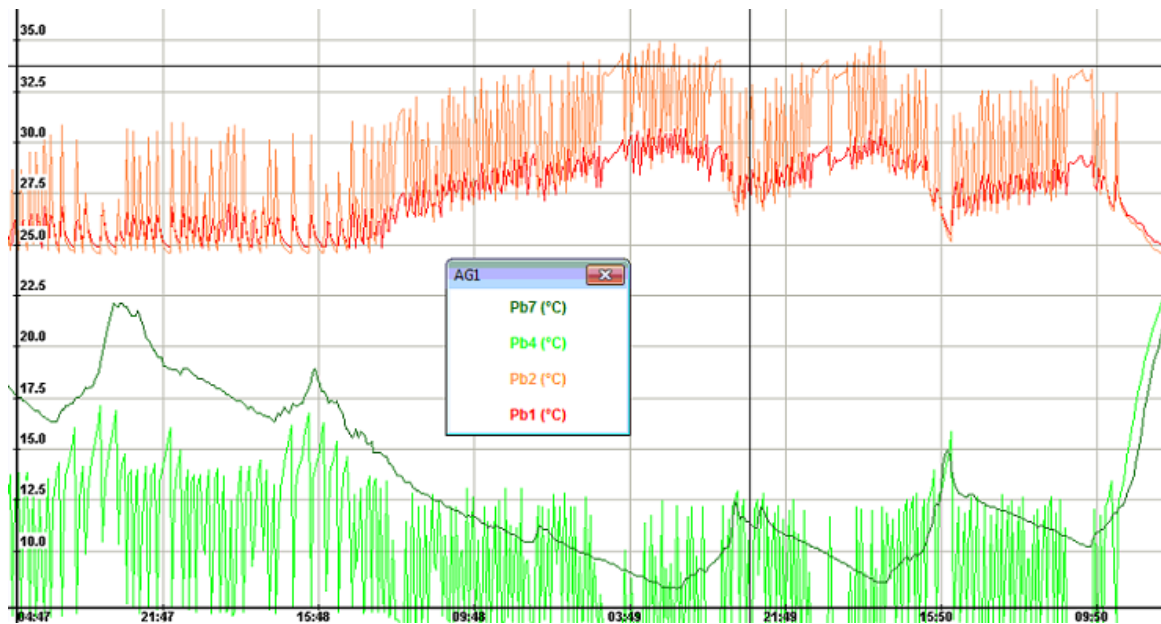
## Χειμερινή Περίοδος

Όταν υπάρχουν οι πρώτες απαιτήσεις μόνο θέρμανσης ενεργοποιούνται από το ζευγάρι H3, H4 (π.χ.) η πρώτη (H3) και μετά η δεύτερη (H4). Κατόπιν από το επόμενο ζευγάρι η πρώτη κλπ. Όταν υπάρχει μια συγκεκριμένη απαίτηση ψύξης τότε γυρίζει η αντλία θερμότητας που αντιστοιχεί σε αυτή την απαίτηση στην mode cool. Αν όμως δεν λειτουργούσε καθόλου, τότε ξεκινά να λειτουργεί σε mode cool. Τα ζευγάρια μπορούν να εναλλάσσονται κυκλικά μεταξύ τους.

Παράδειγμα: Ξεκινά το H3 να λειτουργεί σε θέρμανση, κατόπιν τα H4, H5 και H6 κλπ. Όταν απαιτηθεί ψύξη στη μονάδα π.χ. KM-5 τότε το H4 γυρίζει στη ψύξη.



## Απομακρυσμένη απεικόνιση στοιχείων



## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Στην προσπάθειά μας να έχουμε μικρότερη άντληση υπόγειων νερών, εγκαταστήσαμε δύοδες ηλεκτροβάνες στο πρωτεύον του κάθε εναλλάκτη τιτανίου και inverter στην αντλία της γεώτρησης. Έτσι ανάλογα με πόσα ζευγάρια (1 ή 2 ή 3 ή 4) H/P λειτουργούν, οι αντλίες των γεωτρήσεων θα λειτουργούν σε ποσοστό 25, 50, 75, 100% αντίστοιχα.

## ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΧΡΗΣΗΣ

Μια ακόμη καινοτομία που εφαρμόσαμε ήταν η προθέρμανση των Ζ.Ν.Χ. να γίνεται από την ανεξάρτητη αντλία ανάκτησης όταν το σύστημα δουλεύει στην ΨΥΞΗ ενώ όταν το σύστημα θα δουλεύει στην θέρμανση η παραγωγή Ζ.Ν.Χ. θα γίνεται από το ίδιο το Σύστημα Γεωθερμίας.



ΕΙΚΟΝΑ 55: Ανεξάρτητη αντλία ανάκτησης

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## Συμπεράσματα

---

*Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια ανακεφαλαίωση και αποτίμηση των γεωθερμικών συστημάτων γενικότερα.*

## 4.1.1 Αποτελέσματα οικίας στη Βυτίνα Αρκαδίας

H/P -1-	Evaporator Water Pump	Condenser Water Pump	Compressor 1	TOTAL
AVERAGE TIME (HOURS)	2840	1480	1360	
AVERAGE ELECTRICAL KW	0,1	0,18	3,6	3,88
AVERAGE CONSUMPTION KWH	284	266,4	4896	5446,40
AVERAGE COST (0.15EURO/KWH)	42,6	39,96	734,4	<b>816,96</b>

H/P -2-	Evaporator Water Pump	Condenser Water Pump	Compressor 2	TOTAL
AVERAGE TIME (HOURS)	2400	880	710,0	
AVERAGE ELECTRICAL KW	0,1	0,18	5,2	5,49
AVERAGE CONSUMPTION KWH	240	158,4	3699,1	4097,50
AVERAGE COST (0.15EURO/KWH)	36	23,76	554,9	<b>614,63</b>

- Παρατηρούμε ότι η αντλία θερμότητας των σωμάτων έχει λειτουργήσει περισσότερο από το αναμενόμενο ενώ η ΓΑΘ της ενδοδαπέδιας λιγότερο.
- Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ο πελάτης ήθελε το σπίτι στους **24°C** αντί στους **22°C** όπως ήταν υπολογισμένο έχοντας τους θερμοστάτες ψηλότερα καθώς επίσης και με το γεγονός ότι και η κατανάλωση ZNX υπολογίζεται αυξημένη λόγω νεογέννητου.

## ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
A/Θ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ KWH (HEAT)	40.838,0
ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΗΛΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ KWH (HEAT)	2.352,0
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH (EL.)	9.543,9
COP (SEASON)	4,53
TOTAL COST*	1.432 €
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ MCAL (HEAT)	35.120,7
ΗΛΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ MCAL (HEAT)	2.022,7
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ LT (OIL)	4.590,9
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΑΠΟ ΗΛΙΟ LT (OIL)	264,4
TOTAL OIL (lt)	4.855
TOTAL COST (1,2 €/lt)	5.826 €
ΤΥΠΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (%)	75%

- Υπολογίζουμε ότι υπολείπονται ακόμα 13.451 KWhth για το υπόλοιπο της χειμερινής περιόδου (χωρίς να υπολογίσουμε ηλιακά κέρδη) το οποίο αντιστοιχεί σε επιπρόσθετα 450 με 500 ευρώ.
- Επομένως συνολικά το κόστος λειτουργίας θα είναι γύρω στα 1.900€ με μία εξοικονόμηση σε σχέση με το πετρέλαιο που φτάνει τα **5.500 € έως 6.000 €** (υπολογίζοντας την τιμή αγοράς με **1,2 ευρώ/λίτρο**)

## Σύγκριση εκτιμήσεων και μετρήσεων

	ΕΚΤΙΜΗΣΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
S.C.O.P	3,91 (χωρίς ήλιο)	4,53 (με ήλιο)
Καταναλώσεις (€)	2.175	1.432 + (450 έως 500) ≈ 1.900

Την περίοδο που έγινε η μέτρηση των 9.542kWh ηλεκτρικές ο ιδιοκτήτης μας ενημέρωσε για συνολική ηλεκτρική κατανάλωση της οικίας (από κεντρικό μετρητή) 13.000 kWh (οικία με ασανσέρ, αυτόματο πότισμα, προβολείς κήπου κλπ)

### 4.1.2 Αποτελέσματα ξενοδοχείου Αμαλία στο Ναύπλιο

Το κόστος αυτού του Συστήματος Γεωθερμίας έφθασε μόλις τα 474.000 €, με αποτέλεσμα το ξενοδοχείο να έχει:

- Εξοικονόμηση από έξοδα θέρμανσης 74.405 € / χρόνο
- Εξοικονόμηση από έξοδα ψύξης 25.344 € / χρόνο
- Συνολική εξοικονόμηση 99.749 € / χρόνο

Άρα, **απόσβεση επένδυσης** (474.000 € / 99.749 € / χρόνο) **σε 4,75 χρόνια.**

Τα στοιχεία για το κόστος θέρμανσης και ψύξης λήφθηκαν από την διοίκηση του ξενοδοχείου και αφορούν στοιχεία 5 ετών πριν την εγκατάσταση του συστήματος γεωθερμίας.

Επιπλέον, αν στα παραπάνω προστεθούν η μεγάλη κοινωνική προβολή της οικολογικής ευαισθησίας του Ξενοδοχείου εντός και εκτός Ελλάδας και το γεγονός ότι θα καταστεί πόλος έλξης για συγκεκριμένη μερίδα τουριστών - οπαδών πράσινης τεχνολογίας, τα οφέλη για το ΑΜΑΛΙΑ στο Ναύπλιο δεν εξαντλούνται στα άμεσα οικονομικά και μόνο.

### 4.1.3 Συνοπτικά αποτελέσματα συστήματος γεωθερμίας σε πτηνοτροφική μονάδα στη Χαλκίδα

Σε μία από τις 5 μονάδες εκτροφής πουλερικών, εγκαταστάθηκε πιλοτικά σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης-ψύξης το οποίο λειτουργεί με σύστημα γεωθερμίας ανοικτού κυκλώματος (υδρογεώτρηση). Σκοπός είναι η θέρμανση κατά τη διάρκεια του Χειμώνα και ο δροσισμός το Καλοκαίρι.



ΕΙΚΟΝΑ 56: Φωτογραφία πτηνοτροφικής μονάδας

**Επιφάνεια μονάδας: 600τμ.**

**Αντλία Θερμότητας: 61,5 Kw**

**Εξοικονόμηση: 1.245 €/μήνα**

### 4.2 Προβλήματα και πλεονεκτήματα.

Γενικά, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας. Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγεται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδρόθειου). Όλα αυτά τα προβλήματα σχετίζονται άμεσα με την ιδιαίτερη χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών ρευστών. Τα γεωθερμικά ρευστά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της παραμονής τους σε επαφή με διάφορα πετρώματα περιέχουν κατά κανόνα σημαντικές διαλυμένων αλάτων και αερίων.

Η αλλαγή των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ρευστών στο στάδιο της εκμετάλλευσης μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκές τόσο για τη χημική προσβολή των μεταλλικών επιφανειών, όσο και για την απόθεση ορισμένων διαλυμένων ή αιωρούμενων στερεών και την απελευθέρωση στο περιβάλλον επιβλαβών ουσιών. Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε γεωθερμικές μονάδες μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό, όχι ολοκληρωτικά, με μια πληθώρα τεχνικών και μεθόδων. Μερικές από τις πιο τυπικές πρακτικές είναι ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της, η ρύθμιση του Ph του ρευστού, η προσθήκη χημικών ουσιών (αναστολέων δημιουργίας επικαθίσεων) και, τέλος, η απομάκρυνση των σχηματιζόμενων στερεών με χημικά ή φυσικά μέσα, στη διάρκεια προγραμματισμένων ή όχι διακοπών λειτουργίας της μονάδας. Οι διάφορες δυνατότητες ελέγχου της διάβρωσης στις γεωθερμικές μονάδες επικεντρώνονται (α) στην επιλογή του κατάλληλου υλικού κατασκευής (π.χ. χρήση πολυμερικών υλικών, εναλλακτών θερμότητας από τιτάνιο, Hastelloy κτλ.), (β) στην επικάλυψη των μεταλλικών επιφανειών με ανθεκτικά στη διάβρωση στρώματα, (γ) στην προσθήκη αναστολέων διάβρωσης, και (δ) στον ορθό σχεδιασμό της μονάδας. Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται «ήπια» μορφή ενέργειας, σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, χωρίς βέβαια οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της να είναι συχνά αμελητέες. Η υψηλότερη περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας σε διαλυμένα άλατα και αέρια σε σχέση με τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας επιβάλλουν το διαχωρισμό των επιπτώσεων από την αξιοποίηση της γεωθερμίας. Τα προβλήματα από τη διάθεση των νερών που χρησιμοποιούνται για άμεσες χρήσεις είναι κατά κανόνα ηπιότερα (και σχεδόν μηδενικά) από ότι των ρευστών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης θα πρέπει να τονιστεί από την αρχή ότι στην περίπτωση που εφαρμόζεται η άμεση επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμειυτήρα, όπως στην περίπτωση των μονάδων με δυαδικό κύκλο, οι επιπτώσεις είναι ελάχιστες. Βεβαίως κατά τη φάση της έρευνας, της ανόρυξης των γεωτρήσεων, των δοκιμών και της κατασκευής της μονάδας μπορούν να υπάρξουν διαρροές και διάθεση γεωθερμικών νερών σε υδάτινους αποδέκτες, καθώς και αυξημένος θόρυβος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ταξινομούνται σε συνάρτηση της αιτίας όπως τη χρήση γης, εκπομπές αερίων, τη διάθεση υγρών αποβλήτων, θόρυβο, δημιουργία μικροσεισμικότητας και καθιζήσεις. Η έκταση γης που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (π.χ. για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο για τις γεωτρήσεις, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας (ατμοηλεκτρικοί σταθμοί άνθρακα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί κτλ.). Το CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από γεωθερμικές μονάδες ποικίλλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, καθώς και την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, αν και οι εκπομπές του είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων (EIKONA 59) και συγκρίνονται ευνοϊκά και με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες ΑΠΕ. Το H<sub>2</sub>S, λόγω της έντονης οσμής του και της σχετικής τοξικότητάς του, είναι υπεύθυνο τις περισσότερες φορές για τη προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας. Οι εκπομπές H<sub>2</sub>S ποικίλλουν από <0,5 g/kWh μέχρι και 7 g/kWh. Οι εκπομπές του H<sub>2</sub>S μπορούν να ελεγχθούν σχετικά εύκολα και να μειωθούν σε συγκεντρώσεις 1 ppb με μια πληθώρα μεθόδων, όπως με τη διεργασία Stredford, με την καύση και επανεισαγωγή, με την οξειδωτική μέθοδο Dow κτλ.

Μορφή ενέργειας	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>
Ανθρακας	1042	4,4	11,8
Πετρέλαιο	839	12,4	1,6
Φυσικό αέριο	453	1,4	0,0
Γεωθερμική ενέργεια*	95	0,3	0,1
Φωτοβολταϊκά**	135	0,3	0,4
Βιομάζα	20	1,8	0,5

\* μέση τιμή – οι μονάδες δυαδικού κύκλου έχουν μηδενικές εκπομπές

\*\* περιλαμβάνει τις εκπομπές από τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας

**ΕΙΚΟΝΑ 57:** Εκπομπές επιβλαβών αερίων από διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (σε kg/MWh παραγόμενης ενέργειας )

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά, το γεωθερμικό ρευστό προτού διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες θα πρέπει να υποστεί κάποια επεξεργασία και να μειωθεί η θερμοκρασία του. Τονίζεται ξανά ότι η περιβαλλοντικά περισσότερο αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας 25-90°C) σε διάφορες άμεσες εφαρμογές (όπως θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, λουτροθεραπεία, παγοπροστασία, υδατοκαλλιέργειες, παροχή ζεστού νερού χρήσης κλπ) είναι πολύ ήπια έως αμελητέα. Τα ρευστά αυτά έχουν περιορισμένη ή μηδενική περιεκτικότητα σε μη συμπτυκνώσιμα αέρια, εκτός από την περίπτωση όπου υπάρχουν ορισμένες ποσότητες CO<sub>2</sub>, το οποίο όμως μπορεί να ανακτηθεί ως χρήσιμο παραπροϊόν. Ιδιαίτερα προβλήματα καθίζησεων ή δημιουργίας μικροσεισμικότητας δεν έχουν καταγραφεί σε πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Επιπτώσεις από τη γεωθερμία στο έδαφος ή το υπέδαφος μπορεί να υπάρξουν κατά τη διάτρηση από την απόθεση υγρών ή στερεών αποβλήτων, όπως ο πολφός διάτρησης, που είναι πολτός με μπεντονίτη (φυσικό προϊόν χωρίς ιδιαίτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον). Αλλά και αυτή η πρόσκαιρη περιβαλλοντική όχληση αντιμετωπίζεται με την προσωρινή αποθήκευση σε δεξαμενές ή φρεάτια σε χώρο παρακείμενο της γεώτρησης, όπου γίνεται εξάτμιση του νερού και καθίζηση του στερεού κλάσματος ως φυσικού στερεού υπολείμματος, απόλυτα συμβατού και φιλικού προς το περιβάλλον. Πιθανή θερμική ή χημική ρύπανση μπορεί να προέλθει από τη μη κατάλληλη διάθεση των υγρών - στερεών αποβλήτων και τις διαρροές κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων, προκαλώντας θερμική επιβάρυνση (αφού η θερμοκρασία των αποβαλλόμενων ρευστών είναι 30-35°C) και επίδραση στη βλάστηση της περιοχής (ανάπτυξη θερμοφίλων φυτών) και στα οικοσυστήματα των επιφανειακών αποδεκτών. Μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον καλό σχεδιασμό των γεωτρήσεων και την επανεισαγωγή των ρευστών στο γεωθερμικό ταμιευτήρα. Το κύριο περιβαλλοντικό πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη της θερμότητάς τους. Τα ρευστά αυτά περιέχουν συνήθως αβλαβή διαλυμένα άλατα, των οποίων η περιεκτικότητα κυμαίνεται από 500 μέχρι 30.000 mg/l, αν και στην Ελλάδα παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες περιεκτικότητες σε νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, εξαιτίας της συμμετοχής του θαλασσινού νερού στην τροφοδοσία των γεωθερμικών συστημάτων.



Επίσης, η περιεκτικότητά τους σε τοξικά και επιβλαβή συστατικά (As, H<sub>2</sub>S, B, βαρέα μέταλλα, κλπ) είναι μικρή έως αμελητέα και, επειδή συνήθως βρίσκονται κάτω από τα επιτρεπτά όρια για τη διάθεσή τους σε φυσικούς επιφανειακούς αποδέκτες, συχνά διατίθενται σε λίμνες, χειμάρρους, ποταμούς και θάλασσα. Όμως η βέλτιστη πρακτική είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα. Θόρυβος προκαλείται μόνο στο στάδιο των τεχνικών εργασιών-αντλήσεων και είναι παρόμοιος με αυτόν που προκαλείται από οποιαδήποτε άλλη τεχνική κατασκευή. Είναι προσωρινός και εντός των επιτρεπτών ορίων, ενώ στη φάση λειτουργίας της μονάδας είναι μηδαμινός. Ακόμη και αυτή η προσωρινή ακουστική επιβάρυνση αντιμετωπίζεται με τη χρήση ωτασπίδων και ενδεχομένως ειδικών σιγαστήρων κρούσης. Από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας επηρεάζεται μικρή έκταση γης. Οι επιφανειακές οχλήσεις, λόγω των τεχνικών έργων, παύουν μετά των πέρας αυτών και την αποκατάσταση του χώρου. Η οπτική επιβάρυνση λόγω παρουσίας της γεωθερμικής μονάδας είναι σχεδόν ανύπαρκτη (υπόγειες σωληνώσεις - αρμονία με το μοντέλο χρήσης της περιοχής). Η αβαθής γεωθερμία, η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση, με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, της θερμικής κατάστασης που παρουσιάζεται σε μικρά βάθη (αφορά θερμοκρασίες χαμηλότερες των 25°C) έχει μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας αέρα - νερού. Δεν παράγονται κανενός είδους ρύποι. Υπάρχουν μόνο προσωρινές οχλήσεις κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των τεχνικών εργασιών, ενώ στο τέλος υπάρχει πλήρης αποκατάσταση του τοπίου και απουσιάζει οποιαδήποτε εξωτερική μονάδα.

Η γεωθερμική ενέργεια, σε οποιαδήποτε μορφή, παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκρινόμενη με τις άλλες Α.Π.Ε., η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες Α.Π.Ε. (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν καθόλου το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας καθώς και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από τη λειτουργία των μονάδων. Π.χ. στα φωτοβολταϊκά συστήματα θα πρέπει να υπολογιστεί και η επιβάρυνση στο περιβάλλον τόσο από την κατασκευή των στοιχείων όσο και από την απόσυρση και την ασφαλή διάθεσή τους, όταν κλείσει ο κύκλος λειτουργίας τους. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η οπτική όχληση, η οποία για τη γεωθερμία είναι περιορισμένη, σε αντίθεση με τους τεράστιους όγκους των ανεμογεννητριών στα αιολικά πάρκα. Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας και τα πλεονεκτήματά της σε σχέση με άλλες Α.Π.Ε. συνοψίζονται στα ακόλουθα:

(α) Συνεχής παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο, σε αντίθεση με άλλες Α.Π.Ε. (αιολική, ηλιακή, κύματα), οι οποίες δεν μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας. Οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν συντελεστή αξιοποίησης μέχρι και 90%, ενώ ο συντελεστής αξιοποίησης μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ανέρχεται μέχρι 70% και για τις ηλιακές και αιολικές μονάδες κυμαίνεται μεταξύ 20 και 35%. Η γεωθερμία παρουσιάζει και υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας (ποσοστό του χρόνου στον οποίο λειτουργεί η μονάδα στην ονομαστική της ισχύ) της τάξης του 90%. Για τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (θερμική χρήση) ο δείκτης λειτουργίας είναι αρκετά μικρότερος και αντιστοιχεί με τη ζήτηση της γεωθερμικής ενέργειας. Τέλος, με την αβαθή γεωθερμία και την εφαρμογή συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι δυνατός ο συνδυασμός θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι και άρα η χρήση της σε όλη τη διάρκεια του έτους.

(β) Μικρό λειτουργικό κόστος. Αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, το λειτουργικό κόστος των γεωθερμικών μονάδων είναι σχεδόν μηδαμινό ή αρκετά μικρότερο από τις άλλες μορφές ενέργειας, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

(γ) Σπάνιες ή πολύ μικρές εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ μικρότερες από αυτές που προκύπτουν από την καύση των συμβατικών καυσίμων. Δεν εκπέμπονται καθόλου σωματίδια.

(δ) Απαιτήση για μικρή χρήση γης, πολύ μικρότερης από αυτή που απαιτούν ηλιακά, φωτοβολταϊκά και αιολικά συστήματα. Δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους, όπως συμβαίνει με άλλες Α.Π.Ε. (βιομάζα, υδροηλεκτρικά) και με τα συμβατικά καύσιμα.

(ε) Μικρή κυκλοφοριακή επιβάρυνση. Από τη στιγμή αποπεράτωσης της κατασκευής της γεωθερμικής μονάδας δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες συμβατικών καυσίμων, στις οποίες υπάρχει πάντα ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές κλπ) και επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την κίνηση των μεταφορικών μέσων.

(στ) Αξιοπίστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή. Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται 24 ώρες την ημέρα, με γνωστή και καθιερωμένη τεχνολογία.

(ζ) Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας ή μιας περιοχής, με τον περιορισμό της εισαγωγής συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

(η) Τοπική παροχή ενέργειας. Η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας σε μια περιοχή οδηγεί στην οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού παρέχει φθηνή ενέργεια και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας. Δημιουργούνται κατ' αυτόν τον τρόπο τοπικά, αυτόνομα, ενεργειακά κέντρα.

(θ) Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε. και του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με τον περιορισμό των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων.

Η αξιοποίηση και εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών σε μια περιοχή προϋποθέτει την αναγνώριση της περιοχής ως γεωθερμικού πεδίου (βεβαιωμένου ή πιθανού) και την εκμίσθωσή του, κατόπιν προκήρυξης διαγωνισμού και στη συνέχεια τη διαχείρισή του. Πράγματι, η όλη διαδικασία είναι πολύπλοκη και δεν προσφέρεται για έναν μικρό επενδυτή ή αγρότη. Αντίθετα, ο επενδυτής - χρήστης μπορεί να αξιοποιήσει τη γήινη θερμότητα εύκολα, άμεσα, χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες, χωρίς εκμίσθωσεις, με τη χρήση και εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας τόσο για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών όσο και για αγροτικές εφαρμογές, όπως θερμοκήπια, κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες, ιχθυοκαλλιέργειες, κ.ά. Οι διαδικασίες είναι απλές, με μικρό αριθμό δικαιολογητικών (11 στον αριθμό), που υποβάλλονται για την έκδοση της σχετικής άδειας στη Διεύθυνση ή στο Τμήμα Βιομηχανίας και Ορυκτού Πλούτου της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, όπου βρίσκεται το ακίνητο. Όλα τα παραπάνω προβλέπονται από την Υπουργική Απόφαση Υπ. Αρ. Δ9Β,Δ/Φ.166/ΟΙΚ.18508/5552/207 (Φ.Ε.Κ.1595/τ.Β/25-10-2004), σχετικά με τις «Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται ως γεωθερμικό δυναμικό». Μέχρι το Νοέμβριο του 2007 είχαν καταγραφεί στην Ελλάδα πάνω από 200 εφαρμογές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 20 MWt και παρουσιάζουν γρήγορη ανάπτυξη, πιθανότατα λόγω των διατάξεων της υφιστάμενης νομοθεσίας.

Η γεωθερμική ενέργεια, γνωστή από την αρχαιότητα, αποτελεί μια ευρέως και παγκόσμια διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Α.Π.Ε.), με πληθώρα εφαρμογών (ηλεκτροπαραγωγή – άμεσες θερμικές χρήσεις), με ελάχιστες και πάντα αντιμετωπίσιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι φιλική και καθαρή προς το περιβάλλον, με σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη και χωρίς να υστερεί καθόλου σε σχέση με τις άλλες Α.Π.Ε. Η ενέργεια αυτή, με την αποβολή των προκαταλήψεων του παρελθόντος, μπορεί να τύχει βέλτιστης αξιοποίησης και να συντελέσει τα μέγιστα στην ανάπτυξη, ιδιαίτερα της περιφέρειας και της υπαίθρου, όπου αυτή βρίσκεται σε ευνοϊκές συνθήκες βάθους, θερμοκρασίας, πίεσης, ποσότητας και χημικής σύστασης των ρευστών. Η γεωθερμική ενέργεια σ' αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.geothermal-energy.org>
2. <http://www.hellenic-college.gr/works/energy-sources/geothermia.htm>
3. [http://library.tee.gr/digital/m2351/m2351\\_fitikas.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2351/m2351_fitikas.pdf)
4. <http://www.otyposnews.gr/archives/15121>
5. <http://geothermal.marin.org/Geopresentation/sld090.htm>
6. <http://www.geothermalenergyhq.com/desalination-geothermal-trials-strengthen-in-western-australia-458>
7. <http://www.greenoptimistic.com/category/green-energy-2/geothermal-power>
8. <http://aidengineering.blogspot.gr>
9. <http://www.ergon.com.gr>
10. <http://www.aenaon.net>
11. <http://www.agelopoulos.gr>
12. <http://aidengineering.blogspot.gr/>
13. <http://www.bentone.com>
14. <http://www.ciat.fr>
15. <http://www.cres.gr>
16. <http://www.dei.gr/>
17. <http://www.depa.gr>
18. <http://www.desmie.gr>
19. <http://www.ecotec.gr>
20. <http://www.energyhomes.gr>
21. <http://www.etoxtr.com>
22. <http://www.geoexchange.gr>
23. <http://www.ghp-ma.gr>
24. <http://www.igme.gr>
25. <http://www.iklima.gr>
26. <http://www.lbc-heatpumps.gr>
27. <http://www.marac.gr>
28. <http://www.megatherm.gr>
29. <http://www.mgavrieltos.gr>
30. <http://www.orcapumps.gr>
31. <http://www.plant-management.gr>
32. <http://www.poseidonenergy.gr>
33. <http://www.rae.gr>
34. <http://www.renewablesource.wordpress.com>
35. <http://www.telethermansj.gr>
36. <http://www.thermoydravlikos.gr>

37. **Andritsos N., Dalabakis P., Karydakis G., Kolios N. & Fytikas M.** , "Update and Characteristics of Low-Enthalpy Geothermal Applications in Greece", *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG*
38. **Andritsos N., Dalampakis P. & Kolios N.**, "Use of Geothermal Energy for Tomato Drying", *GeoHeat Center Quarterly Bulletin, Vol. 24 (1), 2002.*
39. **Antics M. & Sanner B.** "Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe", *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007).*
40. **Arvanitis A.** «Geothermal activities in Greece» International Trade Fair, Germany 2011
41. **Arvanitis A., Sotiroidis T., Nerantzis E., Fournadzhieva S. & Koultziakis E.**, "Mass culture of the microalga Spirulina using geothermal fluids in Greece – Antioxidant activities of Spirulina powder extracts", *Proceedings of the International Conference on Geothermal Energy Applications in Agriculture, May 2004, Athens, Greece,.*
42. **Bertani R.** (2007), "World Geothermal Generation", *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007), 11 pp.*
43. **Bjornsson Sveinbjorn,** "Geothermal Development and Research in Iceland", *National Energy Authority and Ministries of Industry and Commerce, Reykjavik, Iceland, 2006*
44. **Cengel Yunus A., Boles Michael A.** <<Θερμοδυναμική Για Μηχανικούς>>, Θεσσαλονίκη 2003, Εκδόσεις Τζιόλα.
45. **Council of European Energy Regulators (CEER)** «*Current Experience with Renewable Support Schemes in Europe*». 2004
46. **Curtis R.**, "Geothermal heat pumps - their role in global cooling", *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG,*
47. **Dalabakis P. & Kolios N.**, "Asparagus early season production using low enthalpy geothermal energy", *EUROASPER 2006.*
48. **Devine-Wright P.** «*Local aspects of UK renewable energy development: Exploring public beliefs and policy implications*». <http://www.feasta.org/documents/shortcircuit/sc5/devine-wright.pdf>
49. **Dickson Mary H. and Fanelli Mario:** IGA (International Geothermal Association). «*What is Geothermal Energy?* » February
50. **Energy Sustainable Communities.** «*Energy Sustainable Communities: Experiences, Successes Factors and Opportunities in the EU-25*».
51. **Francois-D. Vuataz, Harald L. Gorhan, Markus Geissmann.** «*Promotion of geothermal energy in Switzerland: a recent programme for a long-term task*». *Geothermics* Vol. 32, Issues 4-6, p. 789-797 (August - December 2003)
52. **Fridleifsson Ingvar B.** «*Geothermal energy for the benefit of the people*». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 5, Issue 3, p. 299-312 (September 2001)
53. **Geothermal Education Office,** [www.geothermal.marin.org](http://www.geothermal.marin.org)

54. **International Energy Agency (IEA)** «*Energy Policies of IEA Countries: Greece Review 2002*». ([www.iea.org](http://www.iea.org))
55. **International Energy Agency. Geothermal Implementing Agreement.** «*Strategic Plan for 2002-2007*». December 2003
56. **International Geothermal Association**, [iga.igg.cnr.it/index.php](http://iga.igg.cnr.it/index.php)
57. **Kagel A., Bates D. & Gawell K.** , "A Guide to Geothermal Energy and the Environment", *Geothermal Energy Association, Washington D.C., U.S.A., 2007*
58. **Karytsas C., Mendrinou D. and Goldbrunner J.** «*Low enthalpy geothermal energy utilization schemes for greenhouse and district heating at Traianoupolis Evros, Greece*». *Geothermics* Vol. 32, Issue 1, p. 69-78 (February 2003)
59. **Karytsas Constantine, Mendrinou Dimitrios, Radoglou George** «*The current geothermal exploration and development of the geothermal field of Milos island in Greece*». *GHC BULLETIN*, Vol 25, No 2 (June 2004)
60. **Kolios N., Fytikas M., Arvanitis A., Andritsos N. & Koutsinos S.** "Prospective Medium Enthalpy Geothermal Resources in Sedimentary Basins of Northern Greece", *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG,*
61. **Lund J., Freeston D, Boyd T.** «*Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review*». *Geothermics* Vol. 34, December 2005
62. **Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R. & Hellström et al.** , "Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps - A world overview", *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin,*
63. **Lund J.W. & Chiasson A.**, "Examples of Combined Heat and Power Plants Using Geothermal Energy", *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7*
64. **Martzopoulou A., Koroneos Chr. and Moussiopoulos N.** «*Environmental Effects by the Use of Geothermal Energy*». *INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL on Direct Application of Geothermal Energy 2002*, p. 202-210
65. **Mendrinou D., Karagiorgas M., and Karytsas C.** «*Use of Geothermal heat Pumps for heating and cooling of buildings in Greece*». *OPET – Low Temperature Systems in Existing/Historical Buildings Workshop (OPET – LowExx Workshop), Maastricht, the Netherlands, March 2002.*
66. **Noorollahi Y. and Yousefi H.** «*Preliminary environmental impact assessment of a geothermal project in Meshkinshahr, NW-Iran*». *International Geothermal Conference, Reykjavik, September 2003 (Session 12)*
67. **Rybach L.** «*Geothermal energy: sustainability and the environment*». *Geothermics* Vol. 32, Issue 4-6, p. 463-470 (August - December 2003)
68. **Rybach L. and Sanner B.** «*Ground-Source Heat Pump Systems - The European Experience*». *Geo-Heat Center Bulletin* Vol. 21, No. 1, p. 16-20 (March 2000)

69. **Sanner B., Kohlsch O.** «*Examples of Ground Source Heat Pumps (GSHP) from Germany*» ([www.geothermie.de/egec\\_geothernet/menu/frameset.htm](http://www.geothermie.de/egec_geothernet/menu/frameset.htm))
70. **Stefansson, V.**, "The renewability of geothermal energy", *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan (May-June 2000)*,
71. **U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy.** «*Geothermal Technologies Program*». 2004
72. **Varet J.**, "Energy and climate change issues: earth science solutions", *Geoscience for a sustainable Earth BRGM – EuroGeoSurveys, Bucharest, Romania, September 2006*.
73. **Ανδρίτσος Ν.**, «Χρήσεις γεωθερμίας, προβλήματα, λύσεις και προοπτικές», *Ημερίδα με θέμα «Αξιοποίηση γεωθερμικών εφαρμογών θέρμανσης - ψύξης και εξοικονόμησης ενέργειας» (11/12/2007)*, Θεσσαλονίκη.
74. **Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Δαλαμπάκης Π., Κολιός Ν., Κουτσινός Σ. & Φυτίκας Μ.** «Απόψεις για την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας», *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου «Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010»*, Μονάδα Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων Ε.Μ.Π. & Κ.Α.Π.Ε, Αθήνα, Φεβρουάριος 2005.
75. **Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Κολιός Ν. & Κουτσινός Σ.**, «Εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σύστημα μιας γεώτρησης και η συμβολή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας», *Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου του Ι.Η.Τ. για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Θεσ/νίκη 29-31/3/2006)*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
76. **Ανδρίτσος Ν., Καράμπελας Α., Φυτίκας Μ.** «*Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα: Παρούσα κατάσταση, Τεχνικά προβλήματα, Προοπτικές*». (6<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο για τις «Ήπιες μορφές ενέργειας» (Πρακτικά Τόμος Α') σελ. 461-470). Βόλος 3-5 Νοεμβρίου 1999
77. **Αρβανίτης Α. & Τσεκούρα Αικ.** , «Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για οικιακές εγκαταστάσεις», *Περιοδικό «ENERGY point», Τεύχος 5* , Αθήνα Οκτώβριος 2007.
78. **Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης.** «*ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ*». Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο. Νοέμβριος 2003
79. **Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Αναπτύξεως** «*Επενδυτικός Οδηγός, για τις δυνατότητες αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα*». Αθήνα Σεπτέμβριος 1995
80. **Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Αναπτύξεως** «*Επενδυτικός Οδηγός, για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε παραγωγικές δραστηριότητες στην Ελλάδα*». Αθήνα Μάρτιος 1996
81. **Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας – ΕΡΓΟ 3.1.2: Μελέτη θεσμικών και οργανωτικών θεμάτων και ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης γεωθερμικών πεδίων**. Αθήνα 1998
82. **Καρυδάκης Γρηγόριος** «*Γεωθερμική Ενέργεια*». Εκδόσεις Αθλότυπο. Αθήνα 2005

83. **Καρύτσας Κ., Μενδρινός Δ.** «Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση». 10<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας. Θεσσαλονίκη, 15-17 Απριλίου 2004
84. **Λιάλιος Ε.** «Καταγραφή Ελληνικού Γεωθερμικού δυναμικού με χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών» (Διπλωματική Εργασία). Αθήνα 1998
85. **Μαχαίρα Σ., Σιμούλη Α.** «Θέρμανση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας» (διπλωματική) Θεσσαλονίκη 2009
86. **Μενδρινός Δ. & Καρύτσας Κ.,** «Ηλεκτροπαραγωγή από Γεωθερμία Χαμηλής Ενθαλπίας <150°C», Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου «Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010» Αθήνα Φεβροάριος 2005
87. **Μενδρινός Δ., Καρύτσας Κ., Στυλιανού Γ.** «Γεωθερμικές Εφαρμογές Σε Σειρά
88. **Πολύζου Ο.** « Γεωθερμία- Βιώσιμο ανάπτυξη και τοπικές κοινωνίες» Διπλωματική εργασία Αθήνα 2007
89. **Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν.** «Γεωθερμία». Εκδόσεις Τζιόλα. Θεσσαλονίκη 2004
90. **Φυτίκας Μ., Κολιός Ν. & Δαλαμπάκης Π.,** «Γεωθερμία: Η Θερμική Ενέργεια της Γης», Περιοδικό «ΕΝΕΡΓΕΙΑ», τεύχος 18 1996.
91. **Χατζηγιάνης Γ. & Αρβανίτης Α.,** «Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας», Περιοδικό «Περιβάλλον & ENGINEERING 2007», Ετήσια Έκδοση για την Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος, Εκδόσεις ΜΕΔΕΩΝ - Τεχνικές Κλαδικές Εκδόσεις, Αθήνα. 2007
92. **Χρηστάνης Κ.** «Γεωθερμία». Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών. Πάτρα 2001
93. **Ψαρράς Ν.** «Γεωθερμία και κλιματισμός» Shape Τεχνικές εκδόσεις, 2012



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

---

*Στο παράρτημα παρουσιάζεται μια ενδεικτική αίτηση-μελέτη συστήματος γεωθερμίας βάσει νομοθεσίας.*

## **Μελέτη εγκατάστασης συστήματος Γεωθερμίας**

Σύμφωνα με την παράγραφο 1 του άρθρου 4 της απόφασης υπ' αριθμό

Δ9Β,Δ/Φ166/ΟΙΚ13068/ΓΔΦΠ2488 (ΦΕΚ 1249 Β/24-6-2009):

«Άδειες εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών & υπογείων, που δεν χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό»

**ΕΡΓΟ: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΣΤΗΝ ΕΚΑΛΗ**

ΟΙ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A.1.α Στοιχεία αιτούντος

A.1.β. Στοιχεία ακινήτου

A.2.α Στοιχεία μηχανικού υπευθύνου έργου

A.2.β. Στοιχεία συν υπογράφοντος τη μελέτη

B.1.β.i – Τοπογραφικό Διάγραμμα

B.1.β.ii – Περιγραφή του χώρου σε ακτίνα 100 μέτρων

B.2. Καθορισμός και περιγραφή των απαιτούμενων γεωτρήσεων –παρατηρήσεις

B.3 – Δρόμοι Προσπέλασης και μέτρα για των περιορισμό των οχλήσεων των περιοίκων, μέτρα για την υγιεινή των εργαζομένων και την ασφάλεια των εργασιών, εργαζομένων κατά την εγκατάσταση - κατασκευή –λειτουργία του συστήματος

B.4 – Περιγραφή Συστήματος

B.5 – Περιγραφή κλιματιζόμενων χώρων

B.6 – Αναλυτική περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού συστήματος και διάγραμμα ροής

B.7 – Στοιχεία πιστοποίησης αντλιών και εγκατεστημένων συστημάτων

B.8 – Πυροπροστασία

Γ.1 – Δηλώσεις Υπογραφόντων

Δ.1 Σύνοψη επισυναπτόμενων εγγράφων/σχεδίων

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΑΙΤΗΣΗ - ΜΕΛΕΤΗ

Προς Διεύθυνση Ανάπτυξης

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ /ΠΕ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΜΕΑ

Προς έκδοση Άδειας Εγκατάστασης Ενεργειακού συστήματος κλιματισμού χώρων μέσω εκμετάλλευσης θερμότητας γεωλογικών σχηματισμών και υπόγειων ή επιφανειακών νερών που δεν χαρακτηρίζονται Γεωθερμικό δυναμικό σύμφωνα με την Υ.Α Δ9Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/11-609

### A.1.α.Στοιχεία Αιτούντος

Ο αιτών είναι και ο ιδιοκτήτης του ακινήτου **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**<sup>1</sup>

Όνομα:	
Επώνυμο:	
Όνομα/Επώνυμο Πατέρα:	
Όνομα/Επώνυμο Μητέρας:	
Τόπος γέννησης	
Ημερομηνία Γέννησης	
ΑΔΤ	
ΑΦΜ	
Τόπος μόνιμης κατοικίας	
Οδός	
Αριθμός	
Τόπος προσωρινής κατοικίας (Ελλάδα)	
Οδός	
Αριθμός	
Τ.Κ.	
Τηλέφωνο	
Δ/ση Ηλ. Ταχυδρομείου	
Αρ. Τηλεομοιοτύπου	

Αριθμός ιδιοκτητών /επικαρπωτών ...2..... **Ποσοστό συνιδιοκτησίας** [\_50%\_]

<sup>1</sup> Διαγράφονται ένα ή δύο από τα τρία κατά περίπτωση. Αναφέρεται ο ιδιοκτήτης ή ο επικαρπωτής ανάλογα με το υπέρ ποίου πρόκειται να εκδοθεί η άδεια

<sup>2</sup> σε περίπτωση που είναι περισσότεροι του ενός επισυνάπτονται περισσότερες πρώτες σελίδες όπου αναφέρονται τα στοιχεία καθενός ιδιοκτήτη/επικαρπωτή ξεχωριστά

### Α.1.β.Στοιχεία Ακινήτου

Αριθμ τελευταίας αδείας	
Έτος	
Εκδούσα αρχή	
Οδός:	
ΤΚ	
Συνοικία ή τοπωνύμιο	
Πόλη	
Νομός	
Αρμόδιο Αστυνομικό τμήμα	
ΟΛΙΚΗ επιφάνεια ΟΡΟΦΩΝ (ΤΜ):	723,46 Τ.Μ
Όγκος κτηρίου	3.610,39 Κ.Μ

### Α.2.α.Στοιχεία μηχανικού υπεύθυνου έργου<sup>3</sup>

Όνομα:	
Επώνυμο:	
Τίτλος Πτυχίου	
Αρ. Μητρώου ΤΕΕ	
Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:	
Τόπος Γέννησης	
Ημερομηνία γέννησης	
Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:	
Τηλ	
Τόπος Κατοικίας:	
Οδός:	
Αριθ	
ΤΚ:	
Αρ.Τηλεομοιοτύπου Fax):	
Δ/νση Ηλ. Ταχυδρομείου	
ΑΦΜ/Δ.Ο.Υ	

Η ανάθεση της κατασκευής του έργου έχει γίνει στην παρακάτω εταιρεία:

ΕΤΑΙΡΕΙΑ: ERGON EQUIPMENT

ΑΕΤΕ ΑΦΜ: 082660766

ΔΟΥ: ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: ΚΛΕΙΣΘΕΝΟΥΣ 102 & ΠΑΠΠΑΦΛΕΣΣΑ

ΤΗΛ: 210-6049420

FAX: 210-604944

**A.2.β.Στοιχεία συνοπτογράφου της μελέτης<sup>4</sup>**

Όνομα:	
Επώνυμο:	
Τίτλος Πτυχίου	
Αρ. Μητρώου ΤΕΕ/ΓΕΩΤΕΕ	
Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:	
Τόπος Γέννησης	
Ημερομηνία γέννησης	
Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:	
Τηλ	
Τόπος Κατοικίας:	
Οδός:	
Αριθ	
ΤΚ:	
Αρ. Τηλεομοιοτύπου (Fax):	
Δ/νση Ηλ. Ταχυδρ (email):	
ΑΦΜ/Δ.Ο.Υ	

**B.1.α.Συντεταγμένες πολυγώνου που περικλείουν το χώρο εγκατάστασης (μπορούν να ταυτίζονται με του οικοπέδου)**

ΣΗΜΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ
A	485925.72	4217876.95
B	485961.33	4217877.27
Γ	485961.57	4217817.22
Δ	485925.62	4217833.94

Σύστημα: **ΕΓΣΑ' 87**



### **B.1.β.i-Τοπογραφικό Διάγραμμα**

Υποβάλλετε νέο τοπογραφικό διάγραμμα **ΟΧΙ**<sup>5</sup>

Επισυνάπτεται φωτοαντίγραφο του επικυρωμένου τοπογραφικού της αδείας επί του οποίου ο μηχανικός σημειώνει ενυπόγραφα τη θέση των γεωτρήσεων που προκειται να ανορυχθούν καθώς και όλων των υπογείων και επιφανειακών έργων που θα κατασκευαστούν στο πλαίσιο της εγκατάστασης του συστήματος Θ/Ψ. Επίσης βεβαιώνει ότι πληρούνται όλοι οι περιοριστικοί όροι του άρθρου 4 του Δ(Β,Δ/Φ166/οικ1306/ΓΔΦΠ2488/11-6/09 και επισυνάπτει αναλυτικό πίνακα που αναφέρονται όλες οι γεωγραφικές συντεταγμένες των ανωτέρω διατάξεων (ΕΓΣΑ 87) καθώς και τα υψόμετρα.

### **Συνημμένα τοπογραφικό διάγραμμα**

**B.1.β.ii-Περιγραφή του χώρου σε ακτίνα 100 μέτρων** (εφόσον στην περιοχή του ακινήτου υπάρχουν κεντρικοί αγωγοί φυσικού αερίου, ύδρευσης, άρδευσης, κλπ, γραμμές μέσης & υψηλής τάση, απαλλοτριωμένη ζώνη σιδηροδρομικής γραμμής)

Το οικόπεδο στο οποίο πρόκειται να κατασκευαστεί το γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης –κλιματισμού:

Στην περιοχή της Εκάλης και σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα δεν διέρχεται σε κανένα ρέμα ή αγωγός υψηλής τάσης της ΔΕΗ σε απόσταση 20 μέτρα από το οικόπεδο ούτε υδάτινο ρέμα.
--

Οι συντεταγμένες του κέντρου του οικοπέδου είναι (ΕΓΣΑ 87' ή WGS84):

X	485930.50
Y	4217847.24

Η επιφάνεια του οικοπέδου είναι (m<sup>2</sup>): 

1.811,50
----------

Βάση της υπ' αριθμό 

741/10
--------

οικοδομικής άδειας

το εμβαδόν το κτηρίου ανέρχεται σε (m<sup>2</sup>): 

723,46
--------

Το εν λόγω οικόπεδο συνορεύει:

<b>ΒΟΡΕΙΑ</b>	
<b>ΝΟΤΙΑ</b>	
<b>ΔΥΤΙΚΑ</b>	
<b>ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ</b>	

<sup>5</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

Στην περιοχή του ακινήτου υπάρχουν

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1) Κεντρικοί αγωγοί φυσικού αερίου            | ΟΧΙ <sup>6</sup>  |
| 2) Κεντρικοί αγωγοί ύδρευσης                  | ΟΧΙ <sup>7</sup>  |
| 3) Κεντρικοί αγωγοί άρδευσης                  | ΟΧΙ <sup>8</sup>  |
| 4) Γραμμές μέσης ή υψηλής τάσης               | ΟΧΙ <sup>9</sup>  |
| 5) Απαλλοτριωμένη ζώνη σιδηροδρομικής γραμμής | ΟΧΙ <sup>10</sup> |

Σε περίπτωση που στη περιοχή του ακινήτου υπάρχουν ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω τότε πληρούνται οι αντίστοιχοι περιοριστικοί όροι για τις ασφαλείς αποστάσεις όπως αυτές αναφέρονται στους περιοριστικούς όρους του Άρθρου 4 της **Δ9Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/11-6-09** Αναλυτικά τα στοιχεία της περιβάλλουσας περιοχής παρουσιάζονται στο συνημμένο τοπογραφικό διάγραμμα. Έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να τηρούνται όλες οι προκαθορισμένες αποστάσεις από γειτονικά κτίσματα, γραμμές διανομής, ηλεκτρικής ενέργειας κλπ, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Δύο (2) μέτρα από τα όρια της ιδιοκτησίας.

β) Πέντε (5) μέτρα από υφιστάμενο γειτονικό κτίσμα διαφορετικής ιδιοκτησίας.

γ) Πέντε (5) μέτρα από το όριο της απαλλοτριωμένης ζώνης σιδηροδρομικής γραμμής.

δ) Δέκα (10) μέτρα από κεντρικό αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου. Ως κεντρικός νοείται ο αγωγός ο οποίος χρησιμεύει στην τροφοδοσία/επικοινωνία κεντρικών μονάδων του δικτύου και δεν αφορά στη σύνδεση του τελικού χρήστη με το δίκτυο.

ε) Πέντε (5) μέτρα από κεντρικούς υπόγειους αγωγούς (ύδρευσης, άρδευσης, αποχέτευσης κλπ.). Ως κεντρικοί αγωγοί νοούνται οι αγωγοί μεγάλης διαμέτρου οι οποίοι χρησιμεύουν στην τροφοδοσία/επικοινωνία κεντρικών μονάδων του δικτύου και δεν αφορούν στη σύνδεση του τελικού χρήστη με το δίκτυο.

στ) Δέκα (10) μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσεως, εκτός εάν ανάμεσα στη γραμμή και τη γεώτρηση μεσολαβεί κτίσμα.

ζ) Πέντε (5) μέτρα από γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσης, εκτός αν ανάμεσα στη γραμμή και τη γεώτρηση μεσολαβεί κτίσμα.

<sup>6</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>7</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>8</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>9</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>10</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

## **B.2-Καθορισμός και περιγραφή των απαιτούμενων γεωτρήσεων**

### **I. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**

#### **1. ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της μελέτης, είναι ο καθορισμός των υδρογεωλογικών συνθηκών και η έρευνα της υδατοδυναμικότητας του παραπάνω κτήματος, για τον εντοπισμό εκμεταλλεύσιμου υδροφόρου ορίζοντα, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας.

#### **2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ**

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συγκροτούν την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος μας, από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους είναι:

- Τριτογενείς αποθέσεις.
- Ανώτερο μάρμαρο
- Σχιστόλιθοι

Τριτογενής σχηματισμός. Η βάση του αποτελείται κυρίως από λεπτομερή υλικά, αργίλους, μάργες, ψαμμίτες, λόγω της λιμναίας φάσης που αποτέθηκαν. Στη βάση υπάρχουν ενστρώσεις κροκαλοπαγών. Προ τα πάνω έχουμε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως από αργίλους κόκκινους και κροκαλοπαγή.

Σχιστόλιθοι. Φλυσχοειδή ιζήματα που αποτελούνται από τεφρούς γαλανότεφρους ή υποπράσινους αργιλικούς ψαμμιτικούς σχιστόλιθους, ασβεστιτικούς ψαμμίτες και γραουβάκες με ενστρώσεις ασβεστόλιθων και σχιστωδών μαργών και μικρά σώματα εκρηξιγενών πετρωμάτων κυρίως σπιλιτών.

Ανώτερο μάρμαρο. Είναι τα μάρμαρα Β/Α Αττικής με αμφιβολίτες κατά τόπους. Παρουσιάζουν μικρό ως μέτριο βαθμό διάρρηξης και αποκάρσωσης και μόνο κατά τόπους ικανοποιητικό.

#### **3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ**

Η συμπεριφορά των διάφορων γεωλογικών σχηματισμών έναντι του νερού εξαρτάται από τη λιθολογική τους σύσταση και προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους: το πορώδες και την υδραυλική αγωγιμότητα.

Η βασική δηλαδή απαίτηση, για να λειτουργήσει ένας σχηματισμός σαν υδροφόρος, είναι η ικανότητα του να αποθηκεύει νερό στα διάκενα του, πρωτογενή ή δευτερογενή και να το μεταβιβάζει προς τα υδρομαστευτικά έργα. Η υδρομάστευση του νερού γίνεται στο συνολικό, πρωτογενές ή δευτερογενές πορώδες, αλλά μεταβιβάζεται το νερό που έχει αποθηκευτεί στο ενεργό μόνο πορώδες (βαρυτικό νερό). Γενικά οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με την υδρολογική συμπεριφορά τους διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Περαιοί από το νερό σχηματισμοί.
- Ημιπερατοί.
- Αδιαπέρατοι ή υδατοστεγείς.

Παρακάτω αναλύεται η υδρογεωλογική συμπεριφορά των διαφόρων σχηματισμών, που αναφέρθηκαν και προσδιορίζονται οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες, που αναπτύσσονται τόσο στο χώρο έρευνας όσο και στην ευρύτερη περιοχή.

### Τριτογενείς αποθέσεις

Από τους σχηματισμούς αυτούς, οι μεν αδρομερείς (κροκάλες, άμμοι, κορήματα) είναι υδροπερατοί ως πολύ υδροπερατοί ενώ αντίθετα οι λεπτομερείς (άργιλοι, πηλοί κλπ.) είναι πρακτικά στεγανοί.

### Μάρμαρα

Γενικά θεωρείται υδροπερατός σχηματισμός, εξαρτώμενης βέβαια της περατότητας του από το βαθμό κατακερματισμού του. Στα μάρμαρα τα διάκενα τα σύγχρονα της ιζηματογένεσης ή είναι σπάνια ή λείπουν τελείως. Επομένως το πρωτογενές πορώδες του είναι χαμηλό, ενώ αντίθετα η υψηλή υδροφορία του οφείλεται στην δημιουργία δευτερογενούς πορώδους, σαν συνέπεια του κατακερματισμού (π.χ. λόγω τεκτονικών αιτιών) και της καρστοποίησης του. "Καρστοποίηση" είναι η διεργασία εκείνη κατά την οποία δημιουργείται μέσα στα ανθρακικά πετρώματα ένα υπόγειο δίκτυο από κοιλότητες και αγωγούς, μετά από διεύρυνση των αρχικών διάκενων που δημιουργήθηκε, λόγω της έκθεσης των πετρωμάτων στη μηχανική και χημική διαβρωτική δράση του νερού. Υδρογεωλογικά είναι ο σημαντικότερος σχηματισμός στην ευρύτερη περιοχή. Παρουσιάζεται έντονα κατακερματισμένος και καρστικοποιημένος με αποτέλεσμα να έχει μεγάλη υδροχωρητικότητα και εξίσου μεγάλη υδροπερατότητα. Τα μάρμαρα μπορούν να αναπτύξουν σημαντικούς υδροφόρους ορίζοντες στη μάζα τους, αν υπάρχει στεγανό υπόβαθρο και δεν παρατηρηθούν διαφυγές σε παρακείμενες υδρογεωλογικές λεκάνες. Στην περιοχή μας οι συνθήκες βοηθούν στην ανάπτυξη τέτοιων σημαντικών υδροφόρων μέσα στα μάρμαρα.

### Σχιστόλιθοι

Το σύστημα αυτό θεωρείται στο σύνολο του, από υδρογεωλογικής σκοπιάς, σαν στεγανός σχηματισμός, ενώ ορισμένα από τα μέλη του παρουσιάζουν μικρή περατότητα. Τα στρώματα των σχιστοψαμμιτών, των εκρηξιγενών πετρωμάτων και κυρίως των ασβεστιτικών ενστρώσεων σε περιοχές έντονου αποσαθρώσεως αποτελούν σχηματισμούς, μέσα στους οποίους αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες περιορισμένης δυναμικότητας.

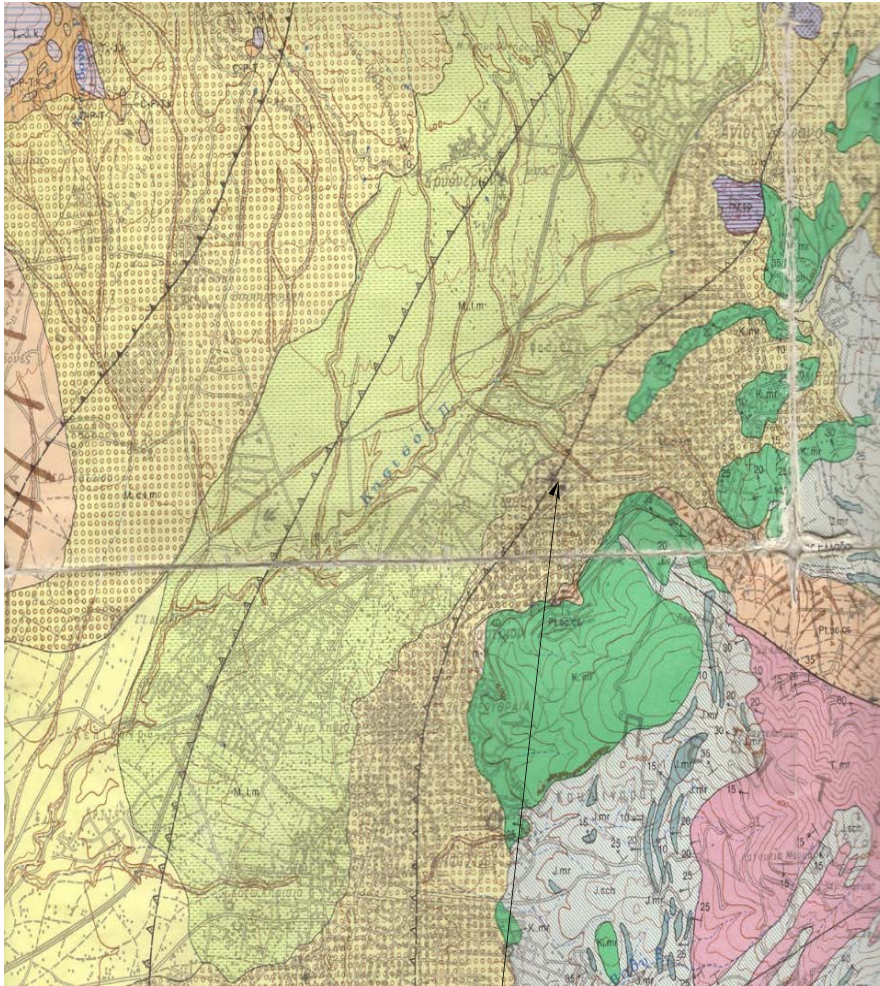
## **4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

Τα υπάρχοντα γεωλογικά και γεωτρητικά στοιχεία μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα τριτογενή και τα μάρμαρα αποτελούν το κύριο υδροφόρο σχηματισμό του χώρου έρευνας. Η ικανοποιητική περατότητα που εμφανίζουν, έχουν ως αποτέλεσμα μέσα στους σχηματισμούς αυτούς να αναπτύσσεται υδροφορία με σχετικά καλή δυναμικότητα, λόγω της ικανοποιητικής ταχύτητας με την οποία μπορεί να κινηθεί το νερό. Η αναμενόμενη παροχή εκτιμάται ότι θα καλύψει τις ανάγκες του γεωθερμικού συστήματος. Μέσα στο κτήμα προτείνεται η κατασκευή ερευνητικής γεώτρησης, το βάθος της οποίας θα πρέπει να φθάσει τα 170μ. +/-10%. Αν τα αποτελέσματα της ερευνητικής είναι ικανοποιητικά θα συνεχιστούν οι εργασίες ώστε να γίνει παραγωγική. Η σωλήνωση πρέπει να γίνει με χαλυβδοσωλήνες διαμέτρου 8", με μούφες, γεφυρωτά φίλτρα και ελάχιστο πάχος 4 χλσ., Να

τοποθετηθεί πιεζομετρικός σωλήνας 1" για την μέτρηση της στάθμης. Η διάμετρος της τρύπας να είναι τουλάχιστον 12 <sup>1/4</sup>" και να προσεχθεί η καλή χαλίκωση και η ανάπτυξη της γεώτρησης.

Θα ακολουθήσει δοκιμαστική άντληση που θα μας καθορίσει τα τελικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης (παροχή και μανομετρικό) . Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί και δεύτερη γεώτρηση επανεισαγωγής με τα ίδια χαρακτηριστικά.

ΧΑΡΤΗΣ ΙΓΜΕ (Φ. ΚΗΦΙΣΙΑ) 1:50000



Ιδιοκτησία

Το υπό μελέτη έργο αφορά την κατασκευή ενός συστήματος ανοιχτού/κλειστού<sup>11</sup> κυκλώματος γεωθερμίας, το οποίο θα παρέχει

Κλιματισμό – θέρμανση & ζεστό νερό χρήσης στην οικία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους

Στο Τοπογραφικό διάγραμμα που συνοδεύει την παρούσα μελέτη σημειώνονται οι θέσεις των απαιτούμενων για την ομαλή λειτουργία του έργου γεωτρήσεων.

Οι γεωτρήσεις είναι

2

τον αριθμό και **χωροθετούνται μέσα στα**

**όρια του οικοπέδου, όπως φαίνεται και στο τοπογραφικό διάγραμμα.**

**Δεν υπάρχουν άλλες γεωτρήσεις στο τμήμα του οικοπέδου που θα εφαρμοστεί το έργο.**

Το βάθος της κάθε γεώτρησης είναι

170 (±10%)

μέτρα.

Επισημαίνεται πως το έργο στο σύνολο του δεν **καταναλώνει**<sup>12</sup> υπόγεια ύδατα.

Τα ύδατα αυτά αντλούνται από τον υδροφόρο ορίζοντα που αναπτύσσεται στο υπέδαφος που υπόκεινται των επιφανειακών αποθέσεων και επιστρέφουν δε πάλι σε αυτόν τον ίδιο υδροφόρο, χωρίς να αναμιγνύονται με του επιφανειακού υδροφόρου. Με τον τρόπο αυτό η ΠΟΙΟΤΗΤΑ τόσο των υδάτων του φρεατίου όσο και των ασβεστολίθων παραμένει αμετάβλητη.

Συνημμένες σελίδες:

Σχεδιαγράμματα:

1 (Τοπογραφικό)

<sup>11</sup> Διαγράφεται αναλόγως

<sup>12</sup> Διαγράφεται αναλόγως

## II. Χωροταξία Γεωτρήσεων

Οι γεωτρήσεις θα γίνουν εντός των ορίων του οικοπέδου **ΑΒΓΔ** όπως φαίνεται στο συνημμένο τοπογραφικό.

ΟΡΙΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ
<b>A</b>	485925.72	4217876.95
<b>B</b>	485961.33	4217877.27
<b>Γ</b>	485961.57	4217817.22
<b>Δ</b>	485925.62	4217833.94

Ενδεικτικά:

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ
Γ1	4859855.00	4217840.00
Γ2	4859845.00	4217829.00

Οι αποστάσεις των γεωτρήσεων πληρούν τους περιοριστικούς όρους της παραγράφου 1 του άρθρου 4 της απόφασης **Δ9Β, Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/ΦΕΚ1249/24-06-2009**.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΟΡΟΙ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΜΕΤΡΑ
Όρια ιδιοκτησίας	>2
Υφιστάμενα γειτονικά κτίσματα διαφορετικής ιδιοκτησίας	>5
Όρια απαλλοτριωμένης σιδηροδρομικής γραμμής	>5
Κεντρικοί αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου	>10
Κεντρικοί υπόγειοι αγωγοί (ύδρευσης, άρδευσης, αποχέτευσης)	>5
Γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης	>10
Γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσης	>5

Όλες οι θέσεις των προτεινόμενων γεωτρήσεων βρίσκονται εντός της ρυμοτομικής γραμμής

**B.3-Δρόμοι Προσπέλασης και μέτρα για τον περιορισμό των οχλήσεων των περιοίκων, μέτρα για την υγιεινή των εργαζομένων και την ασφάλεια των εργασιών, εργαζομένων κατά την εγκατάσταση -κατασκευή-λειτουργία του συστήματος**

Δρόμοι Προσπέλασης

Για την προσκόμιση και αποκόμιση τόσο του απαιτούμενου μηχανικού εξοπλισμού (γεωτρύπανο, συμπιεστής αέρα, κάδοι ανακύκλωσης υλικών κλπ) όσο και των υλικών κατασκευής (σωληνώσεις, αντλίες θερμότητας κλπ) θα χρησιμοποιηθούν οι παρακείμενες οδοί. Η μεταφορά του απαιτούμενου διατηρητικού εξοπλισμού για τον περιορισμό των οχλήσεων των περιοίκων, προβλέπεται να γίνει μεταξύ 8<sup>η</sup>5 - 11<sup>η</sup>5 πρωινής, μέσω αυτόνομου μεταφορικού μέσου. Λοιπές μεταφορές υλικών ή μηχανημάτων θα πραγματοποιούνται, αν είναι δυνατόν, κατά τις ίδιες ώρες εντός κλειστών μεταφορικών μέσων.

Μέτρα την υγιεινή των εργαζομένων και την ασφάλεια των εργασιών, εργαζομένων κατά την εγκατάσταση -κατασκευή-λειτουργία του συστήματος και περιορισμός οχλήσεων.

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διατηρητικών εργασιών παράγεται θόρυβος από την λειτουργία των γεωτρύπανων. Δεδομένου ότι η διάνοιξη των γεωτρήσεων γίνεται εντός κατοικημένης περιοχής και υπολογίζεται ότι απαιτούνται περίπου 8 ώρες για την διάτρηση της κάθε γεώτρησης η επίπτωση αυτή δεν αξιολογείται ως ιδιαίτερα σημαντική. Θα καταβληθεί κάθε προσπάθεια ελαχιστοποίησης της όχλησης των περιοίκων από τη διάνοιξη των γεωτρήσεων, επιλέγοντας το χρόνο έναρξης και λήξης των ημερήσιων εργασιών, με βάση τις τοπικές συνθήκες και κατόπιν συνεννόησης με τους περιοίκους. Ο θόρυβος που συνδέεται με τη λειτουργία της εγκατάστασης, προκαλείται κυρίως από τη λειτουργία των συμπιεστών της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Οι γεωθερμικές Α/Θ θα βρίσκονται τοποθετημένα στο χώρο του μηχανοστασίου και οι προδιαγραφές είναι τέτοιες ώστε τα επίπεδα θορύβου να είναι ιδιαίτερα χαμηλά (50-60db σε απόσταση 1 μέτρο από τη μονάδα) ώστε να μην προκαλούν όχληση στους ενοίκους ή περιοίκους κατά την λειτουργία του συστήματος. Τέλος, κατά την εκτέλεση των εργασιών κατασκευής του γεωθερμικού εναλλάκτη και εγκατάστασης του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων όπως αυτά καθορίζονται από την κείμενη ισχύουσα νομοθεσία και συγκεκριμένα:

- |            |  |
|------------|--|
| ΠΔ 1073/81 | Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού.                          |
| N 1396/83  | Υποχρεώσεις λήψης και τήρησης των μέτρων ασφαλείας στις οικοδομές και λοιπά ιδιωτικά έργα.   |
| N 1568/86  | Περί υγιεινής & ασφαλείας των εργαζομένων  |
| ΠΔ 307/86  | Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της εργασίας τους.                                  |
| ΠΔ 85/91   | Προστασία της υγείας των εργαζομένων από κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους σε θόρυβο κατά την εργασία, σε συμμόρφωση με την οδηγία 86/188/ΕΟΚ |



ΠΔ 396/94	Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζομένους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/656/ΕΟΚ
ΠΔ 395/94	Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας υγιεινή για τη χρησιμοποίηση εξοπλισμού εργασίας από τους εργαζομένους κατά την εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/655/ΕΟΚ
ΠΔ 397/94	Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για τη ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ
ΠΔ 105/95	Ελάχιστες προδιαγραφές για την σήμανση ασφαλείας ή/και υγείας στην εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/58/ΕΟΚ
ΠΔ 305/96	Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/57/ΕΟΚ
ΠΔ 88/99	Ελάχιστες προδιαγραφές για τη βελτίωση της προστασίας, ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων στις εξορυκτικές δια γεωτρήσεων βιομηχανίες σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/91/ΕΟΚ
ΠΔ 90/99	Ελάχιστες προδιαγραφές για την οργάνωση του χρόνου εργασίας σε συμμόρφωση με την οδηγία 93/104/ΕΟΚ
ΠΔ 105/95	Ελάχιστες προδιαγραφές για την σήμανση ασφαλείας ή/και υγείας στην εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/58/ΕΟΚ
ΠΔ 339/2001	Τροποποίηση του ΠΔ 307/86 «Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της εργασίας τους».

#### **B.4-Περιγραφή Συστήματος**

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, συνοψίζεται η περιγραφή του συστήματος:

##### Γεωθερμικός Ενναλάκτης

##### 1. Ανοιχτού κυκλώματος κάθετος

a. Αριθμός γεωτρήσεων

b. Συνολικό εκτιμώμενο μήκος (m)

2x 170 (±10%)

c. Παροχή Γεωθερμικού εναλλάκτη (m<sup>3</sup>/h)

15 έως 20

Προβλεπόμενη θερμοκρασία εισόδου στο σύστημα (°C) :

10

Προβλεπόμενη θερμοκρασία εξόδου στο σύστημα(°C) :

7

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΤΥΠΟΣ	ΒΑΘΟΣ	ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /h)
Γ-1	ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ	ΕΩΣ 170 ΜΕΤΡΑ	15 έως 20
Γ-2	ΕΠΑΝΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	ΕΩΣ 170 ΜΕΤΡΑ	15 έως 20

Το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας είναι R407c που είναι ένα ψυκτικό φιλικό προς το περιβάλλον. Το ψυκτικό κύκλωμα της αντλίας θερμότητας δεν έρχεται σε επαφή με τα υπόγεια ύδατα ούτε με το νερό χρήσης καθώς πραγματοποιείται εναλλαγή μέσα στην αντλία θερμότητας μέσω ανοξειδωτων εναλλακτών. Η κατασκευή του ψυκτικού κυκλώματος έγινε σύμφωνα με το πρότυπο ISO 97/23.

## B.5-Περιγραφή κλιματιζόμενων χώρων

Στο εν λόγω έργο υπάρχουν

**ΔΥΟ ΔΙΩΡΟΦΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΤΥΠΟΥ ΜΑΙΖΟΝΕΤΑΣ ΜΕ ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΑΙ ΣΤΕΓΗ ΣΗΝ ΟΔΟ ΠΑΡΝΗΘΟΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΕΚΑΛΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΘΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΘΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΨΥΞΗΣ ΔΑΠΕΔΟΥ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.**

συνολικού εμβαδού 723,46 m<sup>2</sup>

Οι χώροι του κτηρίου θα θερμαίνονται μέσω γεωθερμικών αντλιών θερμότητας νερού/νερού, το πρωτεύων κύκλωμα των οποίων θα τροφοδοτείται από το ρευστό των γεωτρήσεων (είτε απευθείας μέσω των υδρογεωτρήσεων είτε μέσω ενδιάμεσου εναλλάκτη πιτανίου) και το δευτερεύων κύκλωμα θα τροφοδοτεί το σύστημα θέρμανσης/κλιματισμού του κτηρίου:

Η συνολική επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων είναι 723,46 m<sup>2</sup>

Η συνολική επιφάνεια των κλιματιζόμενων χώρων είναι 723,46 m<sup>2</sup>

Η μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς του κτηρίου είναι 68 kW

Η μέγιστη απαιτούμενη ψυκτική ισχύς του κτηρίου είναι 68 kW

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΚΑΤΟΙΚΙΑ Ι (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)			ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΙΙ (ΘΕΡΜΑΝΣΗ)		
ΥΠΟΓΕΙΟ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (KCAL/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (KW)	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (KCAL/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (KW)
ΘΕΡΜ.ΧΩΡΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	4.735	5,5	ΘΕΡΜ.ΧΩΡΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	4.735	5,5
<b>ΙΣΟΓΕΙΟ</b>			<b>ΙΣΟΓΕΙΟ</b>		
ΧΩΛ/ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1.050	1,2	ΧΩΛ/ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1.050	1,2
WC	970	1,1	WC	970	1,1
GRB	315	0,4	GRB	315	0,4
ΓΡΑΦΕΙΟ - ΞΕΝΩΝΑΣ	2.165	2,5	ΓΡΑΦΕΙΟ - ΞΕΝΩΝΑΣ	2.165	2,5
ΛΟΥΤΡΟ ΞΕΝΩΝΑΣ	720	0,8	ΛΟΥΤΡΟ ΞΕΝΩΝΑΣ	720	0,8
ΚΟΥΖΙΝΑ	1.220	1,4	ΚΟΥΖΙΝΑ	1.220	1,4
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	3.815	4,4	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	3.815	4,4
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	2.895	3,4	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	2.895	3,4
<b>Α' ΟΡΟΦΟΣ</b>			<b>Α' ΟΡΟΦΟΣ</b>		
MASTER ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	3.525	4,1	MASTER ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	3.525	4,1
ΛΟΥΤΡΟ MASTER	1.215	1,4	ΛΟΥΤΡΟ MASTER	1.215	1,4
DRESSING ROOM	215	0,3	DRESSING ROOM	215	0,3
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ -1-	1.220	1,4	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ -1-	1.220	1,4
ΛΟΥΤΡΟ Υ/Δ -1-	630	0,7	ΛΟΥΤΡΟ Υ/Δ -1-	630	0,7
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ -2-	1.270	1,5	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ -2-	1.270	1,5
ΛΟΥΤΡΟ Υ/Δ -2-	235	0,3	ΛΟΥΤΡΟ Υ/Δ -2-	235	0,3
ΔΩΜΑΤΙΟ -3-	1.195	1,4	ΔΩΜΑΤΙΟ -3-	1.195	1,4
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ/ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	1.520	1,8	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ/ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	1.520	1,8
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>28.910</b>	<b>34</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>28.910</b>	<b>34</b>

## **B.6-Αναλυτική περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού συστήματος**

(σύμφωνα με τις προδιαγραφές 8 & 9 του παραρτήματος της Υ.Α. Δ9Β, Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/ΦΕΚ1249/24-06-2009)

Μέγιστη Ψυκτική ισχύς του συστήματος (kW-c) (17/22°C)	112
Μέγιστη Θερμική ισχύς του συστήματος (kW-th) (35/30°C)	96
Μέγιστη Ηλεκτρική ισχύς του συστήματος (kW-electrical)	20

### **B.6.1-Αναλυτική περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού συστήματος**

(επισυνάπτεται μηχανολογικό σχέδιο της εγκατάστασης)

#### **ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Το γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από το σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός του υπεδάφους το οποίο συνδέεται με τη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Το σύστημα εναλλαγής θερμότητας, είναι ανοιχτό κύκλωμα το οποίο αποτελείται από γεωτρήσεις δύο τύπων, μία ή περισσότερες παραγωγική/ές και μία ή περισσότερες επανεισαγωγής. Η κάλυψη των θερμικών ή/και ψυκτικών αναγκών του κτηρίου θα καλυφθούν με την εγκατάσταση μιας ή περισσότερων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

Πιο συγκεκριμένα, προβλέπονται τα εξής στάδια ροής:

***Το νερό από την παραγωγική γεώτρηση θα εισέρχεται στον πρωτεύοντα εναλλάκτη θερμότητας (εξατμιστή) της αντλίας θερμότητας (απευθείας ή με παρεμβολή ενδιάμεσου εναλλάκτη τιτανίου σε περιπτώσεις σκληρού ή υφάλμυρου νερού), όπου θα αποδίδει την θερμική του ενέργεια σε αυτήν, και στη συνέχεια θα εξέρχεται από την αντλία θερμότητας και θα επανεισάγεται στο υπέδαφος μέσω της μιας γεώτρησης επανεισαγωγής.***

- παραγωγική γεώτρηση εντός της οποίας θα τοποθετηθεί αντλία γεώτρησης που θα προσδίδει μέσω δικτύου σωληνώσεων το νερό της γεώτρησης στον πρωτεύοντα πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας ή στην αντλία θερμότητας απευθείας.
- γεώτρηση επανεισαγωγής, όπου το νερό από την έξοδο του πρωτεύοντος του Πλακοειδούς Εναλλάκτη Θερμότητας (ή της αντλίας θερμότητα), μέσω δικτύου σωληνώσεων, θα επιστρέφει με φυσική ροή σε αυτήν

Οι γεωτρήσεις σύμφωνα με τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής θα έχουν βάθος μέτρων 170(±10%) η καθεμία και θα βρίσκονται εντός των ορίων του οικοπέδου

#### **Εξοπλισμός γεωθερμικού συστήματος (παρ 1.1 – 1.2)**

Ο εξοπλισμός που προβλέπεται να εγκατασταθεί περιλαμβάνει:

Δίκτυο σωληνώσεων του πρωτεύοντος κυκλώματος (παράγραφος 1.1.α)

Φίλτρο στην εισαγωγή της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (παράγραφος 1.1.β)

Αντλία εντός της παραγωγικής γεώτρησης (παράγραφος 1.1.γ)

Γεωθερμική αντλία θερμότητας (παράγραφος 1.2)

Επιπρόσθετα γίνεται και μια σύντομη περιγραφή των ηλεκτρομηχανολογικών στοιχείων του δευτερεύοντος κυκλώματος (παράγραφοι 1.3 - 1.7)

## B. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

### 1.1 Εξωτερικό κύκλωμα

#### 1.1.α Δίκτυο σωληνώσεων του πρωτεύοντος κυκλώματος

Για το δίκτυο σωληνώσεων στο πρωτεύον κύκλωμα μέχρι την παραγωγική γεώτρηση, προβλέπονται:

- Σωλήνες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας
- PE100 εξωτερικής διαμέτρου 64mm, ονομαστικής πίεσης λειτουργίας 16atm.

Τα τμήματα των σωληνώσεων θα είναι κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο (PE) και οι συνδέσεις τους θα είναι είτε κοχλιωτές είτε με συγκόλληση.

#### 1.1.β Φίλτρο

Για την αποφυγή εισαγωγής ανεπιθύμητων σωματιδίων στη γεωθερμική αντλία θερμότητας προβλέπεται η τοποθέτηση φίλτρου στην είσοδο από τη υδρογεώτρηση.

#### 1.1.γ Επιλογή υποβρύχιας αντλίας

Για τον υπολογισμό του απαραίτητου μανομετρικού του κυκλοφορητή υπολογίζονται οι γραμμικές απώλειες στα διάφορα τμήματα του δικτύου, καθώς και οι υδραυλικές απώλειες στις εντοπισμένες αντιστάσεις του δικτύου του γεωθερμικού συστήματος.

Αναλυτικά για κάθε κλάδο υπολογίζονται οι:

Γραμμικές απώλειες στα τοιχώματα ευθέως σωλήνα

Η πτώση πίεσης υπολογίζεται με βάση την εξίσωση Darcy-Weisbach:

$$\Delta p = (f L v^2) / (2 D g)$$

όπου:  $\Delta p$ : η πτώση πίεσης (Pa)

f: ο αδιάστατος συντελεστής τριβών

D: η εσωτερική διάμετρος σωλήνα (m)

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,89 \text{ m/s}^2$ )

v: η ταχύτητα ροής (m/s)

L: το μήκος του σωλήνα (m)

Ο αδιάστατος συντελεστής τριβών (f) είναι συνάρτηση της σχετικής τραχύτητας του σωλήνα (k) και του αριθμού Reynolds (Re) και λαμβάνεται από το διάγραμμα Moody (γράφημα 1).

όπου:  $Re = D v / \zeta$  και  $\zeta$  το κινηματικό ιξώδες του ρευστού ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Τοπικές αντιστάσεις: Η πτώση πίεσης ειδικών τεμαχίων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta p = \zeta (v^2/2g) \text{ , } \zeta : \text{ ο συντελεστής τοπικών απωλειών πίεση}$$

Οι συντελεστές τοπικών απωλειών λαμβάνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3:** Συντελεστής τοπικών απωλειών για εξαρτήματα φλαντζωτών – συγκολλητών σωλήνων (ASHRAE Handbook of Fundamentals 1985).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	M
25	0,43	0,41	0,22	0,43	0,26	1,00	13,0	-	4,8	2,0
32	0,41	0,37	0,22	0,41	0,25	0,95	12,0	-	3,7	2,0
40	0,40	0,35	0,21	0,40	0,23	0,90	10,0	-	3,0	2,0
50	0,38	0,30	0,20	0,38	0,20	0,84	9,0	0,34	2,5	2,0
65	0,35	0,28	0,19	0,35	0,18	0,79	8,0	0,27	2,3	2,0
80	0,34	0,25	0,18	0,34	0,17	0,76	7,0	0,22	2,2	2,0
100	0,31	0,22	0,18	0,31	0,15	0,70	6,5	0,16	2,1	2,0
150	0,29	0,18	0,17	0,29	0,12	0,62	6,0	0,10	2,1	2,0
200	0,27	0,16	0,17	0,27	0,10	0,58	5,7	0,08	2,1	2,0
250	0,25	0,14	0,16	0,25	0,09	0,53	5,7	0,06	2,1	2,0
300	0,24	0,13	0,16	0,24	0,08	0,50	5,7	0,05	2,1	2,0

A: Ονομαστική διάμετρο

B: Γωνία 90<sup>ο</sup> κανονική

C: Γωνία 90<sup>ο</sup> ανοιχτή

D: Γωνία 45<sup>ο</sup> ανοιχτή

E: Γωνία 180<sup>ο</sup> κανονική

F: Διακλάδωση T γραμμή

G: Διακλάδωση T κλάδος

H: Βαλβίδα έδρας

I: Βαλβίδα σύρτη

J. Βαλβίδα γωνιακή

M. Βαλβίδα αντεπιστροφής με κλαπέ

Η συνολική πτώση πίεσης υπολογίζεται από την άθροιση των γραμμικών, των τοπικών και των λοιπών απωλειών πίεσης. Επιπρόσθετα στα ανωτέρω συμπεριλαμβάνεται και το απαραίτητο μανομετρικό για το βάθος της κατακόρυφης παραγωγικής γεώτρησης.

Πίνακας 4: Συνολική πτώση πίεσης στο δίκτυο

	mΥΣ	bar
Γραμμικές απώλειες δικτύου:	0.05	0.005
Υδραυλικές απώλειες δικτύου:	1.0	0.1
Απώλειες λόγω στροβιλισμού	0.0022	0.000221
Τοπικές απώλειες Γ.Α.Θ.	3.0	0.30
Ύψος ανύψωσης:	170.00	17.00
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ:</b>	<b>174.05</b>	<b>17.41</b>

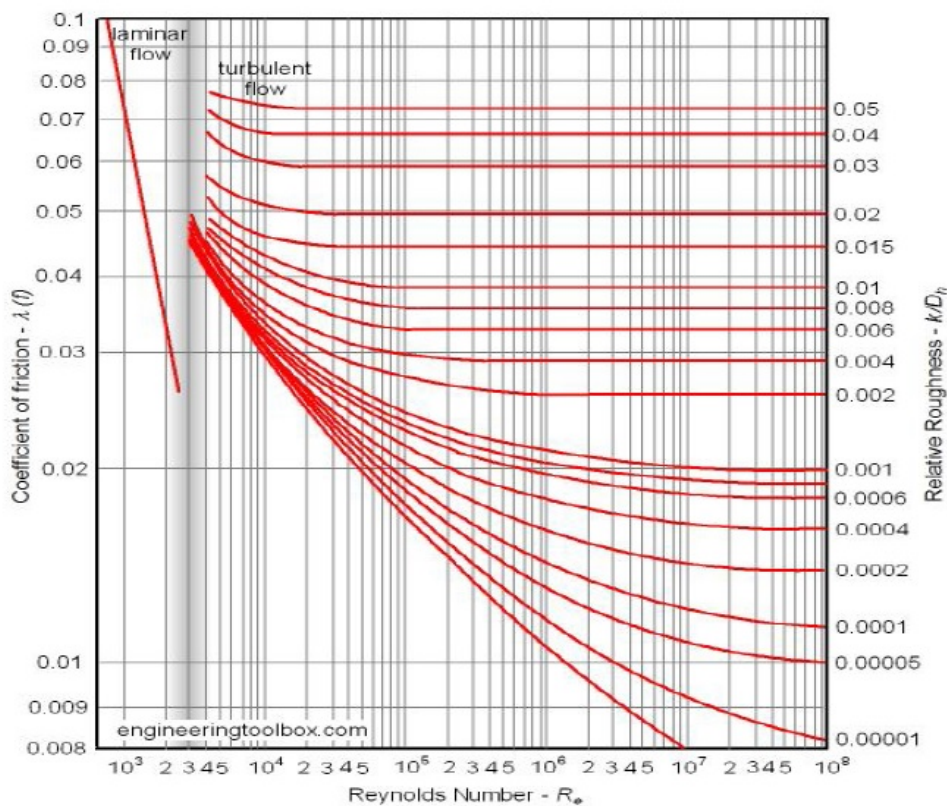
Η ονομαστική παροχή του δικτύου είναι:  $15 \text{ m}^3/\text{h}$

Βάσει των παραπάνω επιλέγεται η αντλία γεώτρησης τύπου : SP 17-23(Grundfos)

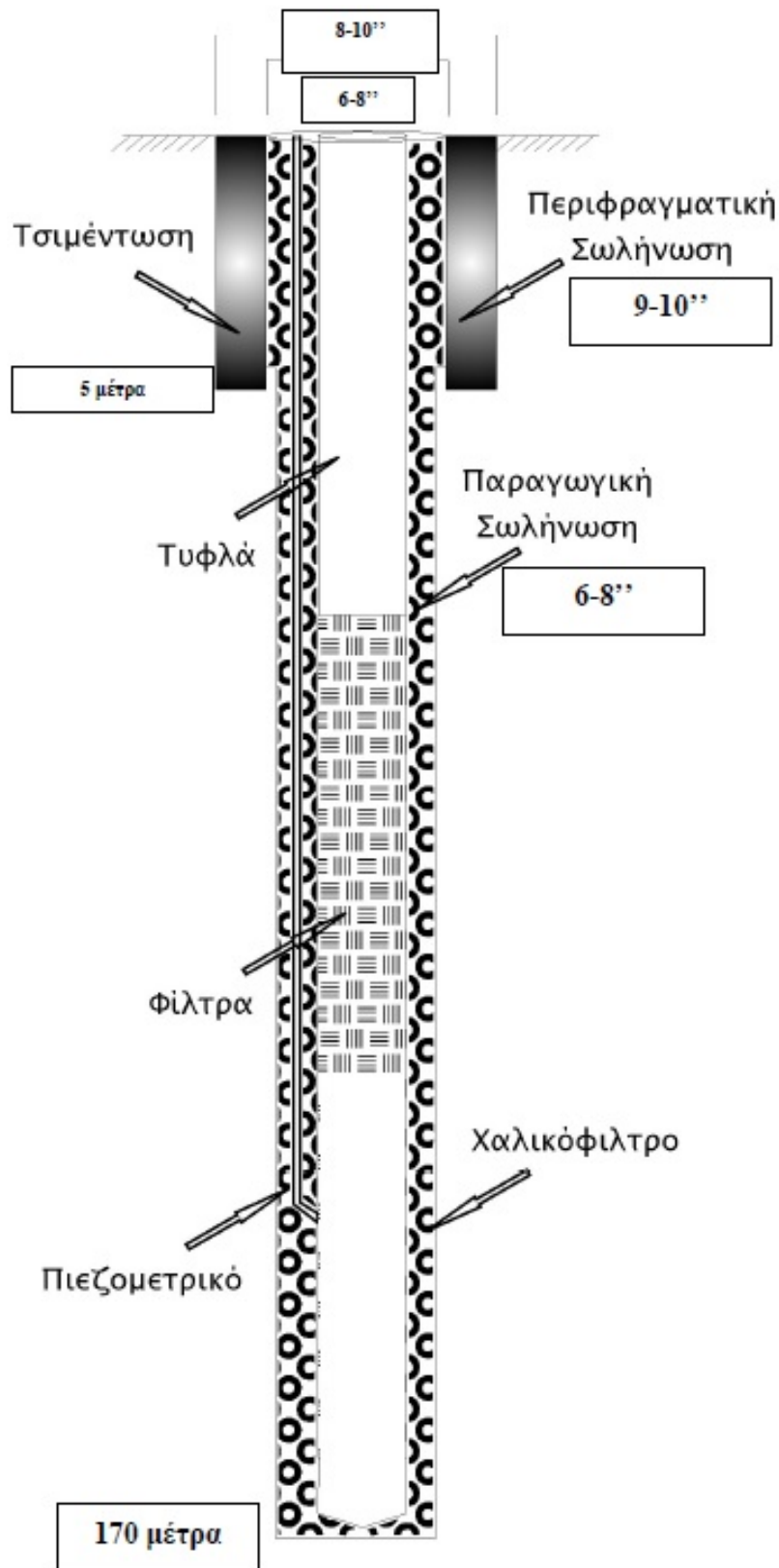
Που καλύπτει το παραπάνω μανομετρικό

(ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ 208 Μ.Υ/Σ με παροχή  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Γράφημα 1: Διάγραμμα Moody



### 1.1.δ.1 Ενδεικτική τομή γεώτρησης





## 1.2 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Η ενέργεια από το υπέδαφος θα οδηγείται στο λεβητοστάσιο σε γεωθερμικές αντλία θερμότητας (ΓΑΘ).

Προβλέπεται η τοποθέτηση

**Δύο γεωθερμικών μονάδων WDH 039, μια για κάθε κατοικία, θερμικής ισχύος 48 kW η κάθε μία, ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 96KW.**

**Περιγραφή λειτουργίας μονάδων:**

**Κατά την χειμερινή περίοδο θα παράγει θερμό νερό από 35 έως 45°C και θα τροφοδοτεί το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.**

**Η ανάψυξη της ΓΑΘ θα γίνεται σε νερό από την γεώτρηση με παροχή τουλάχιστον 15 m<sup>3</sup>/h με την πιθανή παρεμβολή ανάμεσα από το σύστημα της γεώτρησης και των ΓΑΘ ενός εναλλάκτη τιτανίου ανάλογης ισχύος σε περίπτωση σκληρότητας του νερού προς αποφυγή διαβρώσεων στους εναλλάκτες των ΓΑΘ. Το προς απόρριψη νερό θα οδηγείται εξολοκλήρου στη γεώτρηση επανεισαγωγής.**

Οι γεωθερμικές αντλίες είναι ενδεικτικού τύπου:

**2 X WDH 039/RV του ιταλικού οίκου HIDROS S.p.a**

Οι γεωθερμική αντλία προέρχεται από γνωστούς οίκους κατασκευής πιστοποιημένους κατά ISO, να φέρουν τις κατάλληλες σημάνσεις και να πιστοποιούνται σύμφωνα με τα πρότυπα και Ευρωπαϊκές

Οδηγίες:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| • ISO 9001:2008         | Quality Management System   |
| EN 14511                | Declaration of conformity for EN14511 norm  |
| • 2006/42 CE            | Safety of machinery   |
| • 2004/108 CE           | Electromagnetic compatibility   |
| • 2006/95 CE            | Low voltage   |
| • 97/23 CEE             | Under pressure devices  |
| • 2008/35 CE            | Hazardous substances in electr.equipment  |
| • 2008/34 CE            | Waste in electr. Equipment  |
| • EN 60204-1 09/06      | Safety machinery –Part 1  |
| • EN 61000-6-3:2007     | Electromagnetic compatibility   |
| • EN 61000-6-2:2006     | Electromagnetic compatibility   |
| • UNI EN ISO 12100:2005 | Safety of machinery   |
| • UNI EN ISO 13857:2008 | Safety standards  |
| • UNI EN 349:2008       | Safety of machinery – Minimum gaps  |
| • UNI EN 378-2:2009     | Refrigeration systems & heat pumps –Part 2: design, construction, test, installation marking. |

### 1.3 Σωληνώσεις στο δευτερεύον κύκλωμα και εξαρτήματα

#### 1) Δίκτυο χαλκοσωλήνων

Οι χαλκοσωλήνες και τα εξαρτήματα στο ενδοδαπέδιο σύστημα θα συνδεθούν μεταξύ τους με σταθερή συμπίεση επιτυγχάνοντας έτσι μια σταθερή και άλυτη σύνδεση. Για να επιτευχθεί αυτή η σύνδεση αρκεί οι χαλκοσωλήνες –ευθύγραμμοι και εύκαμπτοι- να πληρούν τις προδιαγραφές EN1057 και να εξασφαλίζονται τα ελάχιστα πάχη τοιχωμάτων όπως περιγράφονται παρακάτω.

DN 10	Φ 12 mm	0,7 mm
DN 12	Φ 15 mm	0,8 mm
DN 15	Φ 18 mm	0,8 mm
DN 20	Φ 22 mm	0,9 mm
DN 25	Φ 28 mm	0,9 mm
DN 32	Φ 35 mm	1,0 mm
DN 40	Φ 42 mm	1,2 mm
DN 50	Φ 54 mm	1,5 mm
DN 60	Φ 64 mm	2,0 mm
DN 65	Φ 76,1 mm	2,0 mm
DN 80	Φ 88,9 mm	2,0 mm
DN 100	Φ 108 mm	2,5 mm

Τα εξαρτήματα του συστήματος είναι από χαλκό ή ορείχαλκο σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα :

DN 10	Φ 12 mm
DN 12	Φ 15 mm
DN 15	Φ 18 mm
DN 20	Φ 22 mm
DN 25	Φ 28 mm
DN 32	Φ 35 mm
DN 40	Φ 42 mm
DN 50	Φ 54 mm
DN 60	Φ 64 mm
DN 65	Φ 76,1 mm
DN 80	Φ 88,9 mm
DN 100	Φ 108 mm

Η κατασκευή του εξαρτήματος βασίζεται στο ειδικά διαμορφωμένο "αυλάκι" μέσα στο οποίο είναι προσαρμοσμένος ειδικός στεγανοποιητικός δακτύλιος ( O-Ring ) από υψηλής αντοχής "elastomer EPDM" χρώματος μαύρου με πιστοποιητικό υγιεινής KTW. Επί πλέον τα εξαρτήματα έχουν πριν από το "O-Ring" έναν κυλινδρικό οδηγό, ο οποίος διευκολύνει την ομαλή είσοδο του σωλήνα στο εξάρτημα, και ταυτόχρονα προστατεύει το ειδικό "O-Ring" από τυχόν φθορές.

Συνθήκες λειτουργίας για τα εξαρτήματα με EPDM : P = 16 bar / T = 110 °C

Όλα τα εξαρτήματα είναι πιστοποιημένα με τους βασικότερους ευρωπαϊκούς οργανισμούς όπως : DVGW (Γερμανίας), KIWA (Ολλανδίας), SVGW (Ελβετίας), οι οποίοι αναγράφονται πάνω στα εξαρτήματα. Επίσης ο οίκος που τα κατασκευάζει να είναι πιστοποιημένος με ISO 9001.

## ii) Είδη εξαρτημάτων

Οι εύκαμπτοι σύνδεσμοι σωλήνων για την παραλαβή των συστολοδιατολών των δικτύων και την απομόνωση των κραδασμών στα σημεία σύνδεσης μηχανημάτων ή συσκευών θα είναι των παρακάτω τύπων:

Διαστολικοί σύνδεσμοι με σωληνωτό ελατήριο μορφής φυσούνας από ανοξείδωτο χάλυβα 1.4541 και άκρα συγκόλλησης χωρίς φλάντζες ή με φλάντζες St 37.2 , ονομαστικής πίεσης 10/16 atm, ενδεικτικού τύπου IWKA. Οι διαστολικοί σύνδεσμοι είναι τριών τύπων, ανάλογα με τη χρήση:

- Αξονικοί για παραλαβή αξονικών μετατοπίσεων.
- Αρθρωτοί για παραλαβή εγκάρσιων μετατοπίσεων.
- Γωνιακοί με άρθρωση για παραλαβή περιστροφής.

Ο τύπος, η διάμετρος και το μήκος των συνδέσμων θα είναι αντίστοιχα προς τις σωληνώσεις στις οποίες εγκαθίστανται.

Αντικραδασμικοί σύνδεσμοι με φυσούνα από συνθετικό λάστιχο EPDM, ενισχυμένο με πλέγμα νάιλον και με χαλύβδινες φλάντζες σύνδεσης, ονομαστικής πίεσης 10/16 atm, για θερμοκρασίες λειτουργίας -10 -- +110 °C, ενδεικτικού τύπου IWKA.

Οι συλλέκτες και διανομείς νερού θα κατασκευαστούν από χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή και θα είναι εξ' ολοκλήρου ηλεκτροσυγκολλητοί. Στους συλλεκτοδιανομείς θα προβλέπονται υποδοχές για σύνδεση μετρητικών οργάνων πίεσης και θερμοκρασίας καθώς και κρουνοί εκκένωσης.

## 1.4 Όργανα διακοπής και ρύθμισης

Βάνες σφαιρικές (Ball Valves): Βάνες (δικλίδες διακοπής) με σφαίρα και σύνδεση με μούφες κατά DIN 3357, διαμέτρων έως DN 100. Το σώμα θα είναι κατασκευασμένο από φωσφορούχο ορείχαλκο υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό, πάνω από 2.000 kg/cm<sup>2</sup> για πίεση λειτουργίας 16 atm και μέγιστη θερμοκρασία νερού 120°C. Για μεγάλες διαμέτρους από DN50 έως και DN200 και για τα τμήματα των σωληνώσεων από χαλυβδοσωλήνα, οι σφαιρικές βαλβίδες θα είναι φλαντζωτές από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα για πίεση λειτουργίας 16 atm ή μεγαλύτερη και θερμοκρασία μέχρι 180°C. Οι σφαιρικές βαλβίδες εσωτερικά θα έχουν μηχανισμό στρεφόμενης σφαίρας από ανοξείδωτο χάλυβα με διάτρηση κατάλληλης μορφής. Η σφαίρα θα στεγανοποιείται σε έδρα από TEFLON και ο χειρισμός θα γίνεται με μοχλό διαδρομής 1/4 στροφής. Όλες οι βάνες του δικτύου των σωλήνων πολυαιθυλενίου θα είναι αυτού του τύπου. Η σύνδεση τους με τους σωλήνες πολυαιθυλενίου θα γίνεται με ρακόρ.

Βάνες (δικλίδες διακοπής) με σύρτη και μούφες βαρέως τύπου διαμέτρων DN 10 – DN 50. Το σώμα και η κεφαλή των βανών θα είναι κατασκευασμένα από φωσφορούχο ορείχαλκο αντοχής σε εφελκυσμό άνω των 2.000 kg/cm<sup>2</sup> για πίεση λειτουργίας 16 atm και μέγιστη θερμοκρασία νερού 120°C. Οι συρταρωτές βαλβίδες θα είναι φλαντζωτές από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα για πίεση λειτουργίας 16 atm ή μεγαλύτερη και θερμοκρασία μέχρι 180°C. Οι συρταρωτές βαλβίδες θα έχουν μη ανυψούμενο στέλεχος με τροχό χειρισμού και συμπαγή σφηνοειδή ορείχαλκινο δίσκο και θα είναι βαρέως τύπου.

Κρουνοί διακοπής για εκκένωση σωληνώσεων ή δοχείων ορειχάλκινοι κωνικοί με μούφες κατά DIN 2641 ή σφαιρικοί για πίεση λειτουργίας 16 atm και μέγιστη θερμοκρασία νερού 120°C.

### **1.5 Όργανα προστασίας**

Βαλβίδες αντεπιστροφής με μούφες, γλωπίδας με λυόμενο πώμα διαμέτρων DN 10 – DN 100. Το σώμα των βαλβίδων θα είναι κατασκευασμένο από φωσφορούχο ορείχαλκο, αντοχής σε εφελκυσμό άνω των 2.000 kg/cm για πίεση λειτουργίας 16 atm και μέγιστη θερμοκρασία νερού 120°C. Οι βαλβίδες θα έχουν βιδωτό πώμα επιθεώρησης και θα φέρουν εσωτερικό μηχανισμό τύπου στρεπτής γλωπίδας από ανοξείδωτο χάλυβα ή ορείχαλκο και θα είναι κατάλληλες για οριζόντια ή κατακόρυφη εγκατάσταση. Για μεγαλύτερες διαμέτρους, από DN 50 και άνω, οι βαλβίδες θα είναι φλαντζωτές από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα για πίεση λειτουργίας 10 atm ή μεγαλύτερη και θερμοκρασία μέχρι 180°C.

Αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού σωληνώσεων νερού, ορειχάλκινη επιχρωμιωμένη ή από συνθετικό θερμοανθεκτικό υλικό με πλωτήρα και διπλό σπείρωμα R 1/8" + 3/8" για πίεση λειτουργίας 6 atm και μέγιστη θερμοκρασία 110°C.

Βαλβίδα ασφαλείας ορειχάλκινη, γωνιακή με μεμβράνη συνθετικού υλικού και ελατήριο σταθερής ρύθμισης διαμέτρου DN 15 – DN 50, για θερμοκρασία μέχρι 110°C κατάλληλη για ασφάλιση εγκαταστάσεων θέρμανσης σύμφωνα με το DIN 4751.

Αυτόματη βαλβίδα πλήρωσης εγκατάστασης θέρμανσης ή κλιματισμού με κλειστό δοχείο διαστολής κατά DIN 4741 με μανόμετρο και βαλβίδα αντεπιστροφής στην έξοδο του, ρυθμιζόμενης πίεσης πλήρωσης 0,2 – 5,0 bar διαμέτρου DN 15 για θερμοκρασία μέχρι 110°C.

### **1.6 Όργανα μετρήσεων και ενδείξεων**

Θερμόμετρα εμβαπτιζόμενα με ορειχάλκινη θήκη περιοχής ενδείξεων 0–100°C και μανόμετρα ορειχάλκινα ή ανοξείδωτα ονομαστικής πίεσης λειτουργίας 10 bar με πλήρωση γλυκερίνης και ένδειξη κλίμακας 0 – 10 bar.

### **1.7 Κυκλοφορητές δευτερεύοντος κυκλώματος**

Αντλίες νερού θέρμανσης ή κλιματισμού, τύπου κυκλοφορητή, γραμμής (inline), φυγοκεντρικές μονοβάθμιες, με έδραση της πτερωτής της αντλίας στον ίδιο με τον κινητήρα άξονα (μονομπλόκ) με στόμια σε ευθεία, κατάλληλες για απ' ευθείας τοποθέτηση των σωληνώσεων. Οι κυκλοφορητές αποτελούνται από φυγοκεντρική αντλία με κέλυφος GG 25 και πτερωτή από ειδικό πλαστικό ή GG 20 συζευγμένη απ' ευθείας στον άξονα του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος θα είναι από υλικό X20 Cr13 (1.4021 κατά DIN) και από ασύγχρονο ηλεκτροκινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, τριφασικό, τετραπολικό 1450 rpm, κατάλληλο για λειτουργία σε τριφασικό δίκτυο 380 V/50 Hz, με αυτόματο διακόπτη θερμικής προστασίας ή με 3 ενσωματωμένα θερμοστοιχεία και διακόπτη πλήρους προστασίας. Οι αντλίες θα είναι κατάλληλες για θερμοκρασία -10 έως 140 °C και πίεση λειτουργίας τουλάχιστον 10 bar. Η σύνδεση των αντλιών με τις σωληνώσεις θα γίνεται με φλάντζες PN 16 κατά DIN 2533. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να ελεγχθούν με βάση τις τελικές επιλογές των αντλιών θερμότητας και την τελική διαμόρφωση του δικτύου.

## Γ. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

Οι εγκαταστάσεις μελετήθηκαν σύμφωνα με τους παρακάτω Κανονισμούς:

1. Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (ΓΟΚ).
2. Κτηριοδομικός Κανονισμός.
3. ΤΟΤΕΕ 2421/86-ΜΕΡΟΣ 1: "Εγκαταστάσεις σε κτήρια : Δίκτυα διανομής ζεστού νερού για θέρμανση κτηριακών χώρων".
4. ΤΟΤΕΕ 2423/86 "Εγκαταστάσεις σε κτήρια : Κλιματισμός κτηριακών χώρων".
5. Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN.

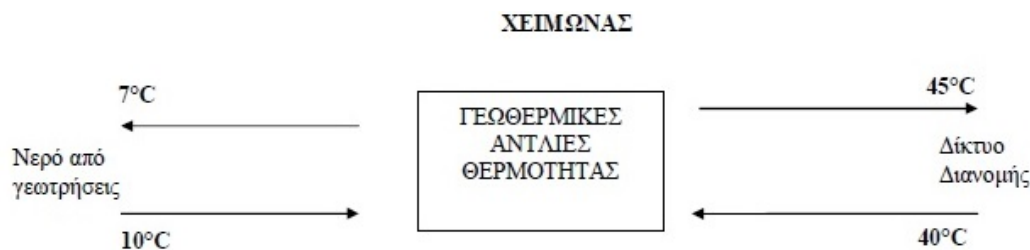
Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής τεχνικά βοηθήματα:

1. ASHRAE Handbooks – Fundamentals 1985, Applications 1995, Systems and Equipment 1996.
2. TRANE, "Air Conditioning Manual", 1977.
3. RECKNAGEL-SPRENGER-HOENMANN, "Taschenbuch fur Heizung und Klima Technik", 1992/93.
4. ASHRAE „Commercial / Institutional Ground – Source Heat Pump Engineering Manual", ASHRAE 1994.
5. ASHRAE "Design/Data Manual for Closed-Loop Ground Coupled Heat Pump Systems", ASHRAE 1985.

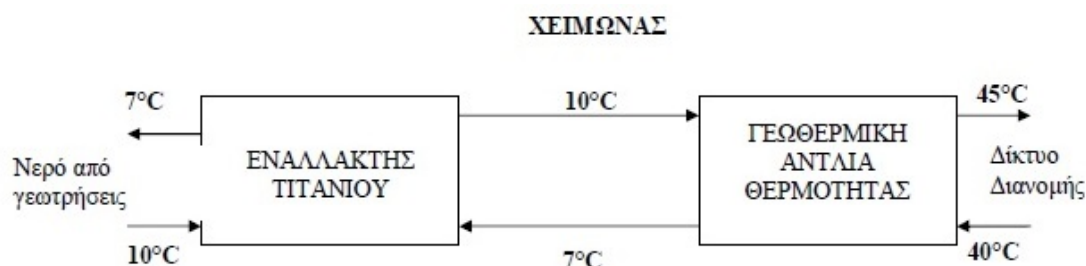
### B.6.2-Διαγράμματα ροής

Στα παρακάτω σχήματα δίνονται οι αναμενόμενες θερμοκρασίες εισόδου-εξόδου του νερού των γεωτρήσεων στο πρωτεύων και δευτερεύων τους συστήματος γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και του νερού στους εναλλάκτες του συστήματος (γεωεναλλάκτες ή/και εναλλάκτες τιτανίου):

Σε περίπτωση που το νερό δεν είναι υφάλμυρο ή διαβρωτικό,



Σε περίπτωση που το νερό είναι υφάλμυρο ή διαβρωτικό θα παρεμβληθεί εναλλάκτης τιτανίου.



### **B.7.α–Στοιχεία πιστοποίησης αντλιών και εγκατεστημένων συστημάτων.**

Οι γεωθερμική αντλία προέρχεται από γνωστούς οίκους κατασκευής πιστοποιημένους κατά ISO, να φέρουν τις κατάλληλες σημάνσεις και να πιστοποιούνται σύμφωνα με τα πρότυπα και Ευρωπαϊκές Οδηγίες:

<input type="checkbox"/>	ISO 9001:2008	Quality Management System
<input type="checkbox"/>	EN 14511	Declaration of conformity for EN14511 norm
<input type="checkbox"/>	2006/42 CE	Safety of machinery
<input type="checkbox"/>	2004/108 CE	Electromagnetic compatibility
<input type="checkbox"/>	2006/95 CE	Low voltage
<input type="checkbox"/>	97/23 CEE	Under pressure devices
<input type="checkbox"/>	2008/35 CE	Hazardous substances in electr.equipment
<input type="checkbox"/>	2008/34 CE	Waste in electr. Equipment
<input type="checkbox"/>	EN 60204-1 09/06	Safety machinery –Part1
<input type="checkbox"/>	EN 61000-6-3:2007	Electromagnetic compatibility
<input type="checkbox"/>	EN 61000-6-2:2006	Electromagnetic compatibility
<input type="checkbox"/>	UNI EN ISO 12100:2005	Safety of machinery
<input type="checkbox"/>	UNI EN ISO 13857:2008	Safety standards
<input type="checkbox"/>	UNI EN 349:2008	Safety of machinery – Minimum gaps
<input type="checkbox"/>	UNI EN 378-2:2009	Refrigeration systems & heat pumps –Part 2: design, construction, test, installation marking.

### **B.7.β–Υποβολή φωτοαντιγράφων πιστοποιήσεων.**

Συνημμένα: φωτοαντίγραφα πιστοποιήσεων

### **B.8–Πυροπροστασία**

Για το εν λόγω κτίριο

1. Δεν απαιτείται μελέτη πυροπροστασίας<sup>13</sup>

**Το εν λόγω σύστημα θα καλύπτεται από τα μέτρα και μέσα πυροπροστασίας που εγκαθίστανται στο κτήριο με βάση την κείμενη νομοθεσία πυρασφάλειας για τη συγκεκριμένη χρήση αυτού.**

<sup>13</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

### Γ.1-Δηλώσεις Υπογραφόντων

Οι υπογράφωντες δηλώνουν επίσης ότι:

1. Το ακίνητο **δεν βρίσκεται**<sup>14</sup> σε παραλία και τα δίκτυα του συστήματος δεν θα επεκτείνονται επί της παραλίας ή του αιγιαλού.
2. Κατά τις εργασίες θα χρησιμοποιηθεί το προβλεπόμενο από την κείμενη νομοθεσία εργατοτεχνικό προσωπικό και το προσωπικό επίβλεψης.
3. Θα λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό των οχλήσεων των περιόικων καθώς και για την προστασία της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και την προστασία του περιβάλλοντος. **Πληρούνται όλοι οι περιοριστικοί όροι του άρθρου 4 της Υ.Α. Δ9Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/11-06-09**
4. Μετά την αποπεράτωση του συστήματος και σε χρόνο όχι μεγαλύτερο των 2 μηνών θα υποβληθεί γεωλογική τομή των γεωτρήσεων που ανορύχθηκαν υπογεγραμμένη από διπλωματούχο ή πτυχιούχο επιστήμονα που έχει κατά νόμο δικαίωμα υπογραφής.
5. Θα προσκομιστεί **ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ** από τον έχοντα κατά το νόμο δικαίωμα υπογραφής ότι κατά την σωλήνωση της γεώτρησης έγινε στεγανοποίηση των τελευταίων 5 μέτρων ώστε να αποτραπεί εισχώρηση επιφανειακών υδάτων στον(ους) υπόγειο(ους) υδροφόρο(ους) ορίζοντα(ες) και γενικά θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μην υπάρξει καμία επίδραση του έργου στην ποιότητα και ποσότητα των υπογείων νερών.
- <sup>15</sup> **Δεν πρόκειται να γίνει ανάλωση νερού** τα χρησιμοποιηθέντα νερά θα επιστρέφουν στον υδροφόρο ορίζοντα στη ίδια ποσότητα και ποιότητα με αυτή που είχαν όταν εξήλθαν από αυτόν.
- 6.Επισυνάπτεται ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ του επιβλέποντος ότι έχουν τηρηθεί όλοι οι αναφερόμενοι περιοριστικοί όροι.
7. Σε περίπτωση που κατά την εκτέλεση των εργασιών διαπιστωθεί η ύπαρξη γεωθερμικού δυναμικού (δηλαδή διαπιστωθούν θερμοκρασίες γεωλογικών σχηματισμών ή νερών μεγαλύτερες των 25°C), θα ενημερωθεί άμεσα η οικεία περιφέρεια και οι εργασίες σχετιζόμενες με το υπέδαφος θα σταματήσουν άμεσα αφού λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μην υπάρξει αρνητική επίδραση τους τόσο στο γεωθερμικό δυναμικό όσο και στο περιβάλλον.
8. Στατική μελέτη για τις βάσεις των μηχανημάτων

<sup>16</sup> ~~Υποβάλλεται συνημμένα~~

<sup>17</sup> ~~Δεν απαιτείται – αιτιολόγηση~~

**18 Περιλαμβάνεται στη στατική μελέτη της οικοδομής-επισυνάπτεται δήλωση Μηχανικού**

<sup>14</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>15</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

<sup>16</sup> Διαγράφεται αντιστοίχως

17 Διαγράφεται αντιστοίχως

18 Διαγράφεται αντιστοίχως

9. Θα τοποθετηθούν υδρομετρητές και καταγραφικά θερμομέτρα στα στόμια των γεωτρήσεων και στοιχεία τους θα είναι διαθέσιμα όποτε ζητηθούν.

10. Καμία τροποποίηση στους κλιματιζόμενους χώρους και το δυναμικό του εξοπλισμού (υπό την έννοια της μεταβολής των θερμικών φορτίων προς το υπέδαφος) δεν θα λάβει χώρα στο μέλλον εάν δεν προηγηθεί νέο αίτημα από την πλευρά του ιδιοκτήτη και έκδοση τροποποιημένης άδειας.

Ο/Οι ιδιοκτήτης/ες

Ο Μελετητής

Ο Επιβλέπων Μηχανικός

Ο Συνυπογράφων



## **ΕΠΙΣΥΝΑΠΤΟΝΤΑΙ**

1. **Επικυρωμένο φωτοαντίγραφο του τίτλου κυριότητας** (αγοροπωλησία αγροτεμαχίου) & πιστοποιητικό μεταγραφής στο υποθηκοφυλακείο.
2. **Φωτοαντίγραφο οικοδομικής άδειας.**
3. **Φωτοαντίγραφο επικυρωμένου τοπογραφικού της άδειας** επί του οποίου ο μηχανικός του έργου σημειώνει ενυπόγραφα τη θέση των γεωτρήσεων που πρόκειται να ανορυχθούν. Επίσης βεβαιώνει ότι πληρούνται οι περιοριστικοί όροι του άρθρου 4 της **Υ.Α. Δ9Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/11-06-09** και επισυνάπτει αναλυτικό πίνακα όπου αναγράφονται όλες οι γεωγραφικές συντεταγμένες των ανωτέρω διατάξεων (αναφερόμενες σε σύστημα ΕΓΣΑ '87).
4. Υπεύθυνη δήλωση του ν.1599/1986, όπου βεβαιώνεται η ανάθεση και ανάληψη της επίβλεψης κατασκευής της εγκατάστασης, από τους έχοντες κατά νόμο σχετικές άδειες.
5. Υπεύθυνη δήλωση του ν.1599/1986, όπου βεβαιώνεται η στατική επάρκεια του υπόβαθρου εγκατάστασης και η πρόβλεψη των βαρών του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού στη στατική μελέτη της οικοδομής, από Πολιτικό Μηχανικό –Στατικό.
6. Υπεύθυνη δήλωση του ν.1599/1986 του επιβλέποντος μηχανικού όπου βεβαιώνεται ότι ο χειριστής του διατρητικού μηχανήματος έχει εμπειρία μεγαλύτερη του ενός έτους. Επιπλέον βεβαιώνεται ότι το σύστημα γεωθερμίας δεν χρειάζεται επιπλέον μελέτη πυροπροστασίας καθώς καλύπτεται από τα μέσα πυροπροστασίας της υφιστάμενης μελέτης. Βεβαιώνεται ότι εντός 100 μέτρων εάν υπάρχουν αγωγοί αερίου, ύδρευσης, άρδευσης, μέσης ή υψηλής τάσης θα τηρηθούν οι απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας. Επίσης βεβαιώνεται ότι οι δρόμοι προσπέλασης επαρκούν και τέλος βεβαιώνεται σε αυτή η ακρίβεια των υποβαλλομένων στοιχείων της αίτησης – μελέτης.
7. Υπεύθυνη δήλωση του ν.1599/1986 από τον μελετητή, όπου βεβαιώνεται ότι το ακίνητο δεν βρίσκεται σε παραλία και τα δίκτυα δεν επεκτείνονται επί παραλίας ή αιγιαλό. Επίσης δηλώνεται ότι έχουν τηρηθεί όλοι οι περιοριστικοί όροι της **Υ.Α. Δ9Β,Δ/Φ166/οικ13068/ΓΔΦΠ2488/11-06-09**. Βεβαιώνεται ότι δεν γίνεται ανάλωση νερού και ότι εάν συμβεί στο μέλλον την ευθύνη τη φέρει ο ιδιοκτήτης. Βεβαιώνεται επίσης ότι θα χρησιμοποιηθεί το προβλεπόμενο εργατοτεχνικό προσωπικό και προσωπικό επίβλεψης και τέλος ότι θα τοποθετηθούν υδρομετρητές και θερμομέτρα στα στόμια των γεωτρήσεων.
8. Υπεύθυνη δήλωση του ν.1599/1986 του συνυπογράφοντος γεωλόγου όπου βεβαιώνεται ότι μετά την αποπεράτωση του συστήματος και σε χρόνο όχι μεγαλύτερο των 2 μηνών θα υποβληθεί γεωλογική τομή των γεωτρήσεων. Βεβαιώνεται ότι κατά τη σωλήνωση της γεώτρησης θα γίνει στεγανοποίηση των τελευταίων -5- μέτρων ώστε να αποτραπεί η εισχώρηση επιφανειακών υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα και θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μην υπάρξει καμιά επίδραση του έργου στην ποιότητα ή ποσότητα των υπογείων νερών. Τέλος βεβαιώνεται ότι δεν πρόκειται να γίνεται ανάλωση νερού και τα χρησιμοποιηθέντα νερά θα επιστρέφουν στον υδροφόρο ορίζοντα στην ίδια ποσότητα και ποιότητα με αυτή που είχαν όταν εξήλθαν από αυτόν.
9. ΠΑΡΑΒΟΛΑ:
  - a. ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΑΜΟΙΒΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ, b. ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΣΜΕΔΕ ΚΑΙ ΕΜΠ ΜΗΧ/ΚΟΥ, c.ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΣΜΕΔΕ ΚΑΙ ΕΜΠ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ, d. ΔΥΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΕΜ, e ΠΑΡΑΒΟΛΑ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΚΑΕ 3741

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

---

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι– ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ - ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ –ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV – ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

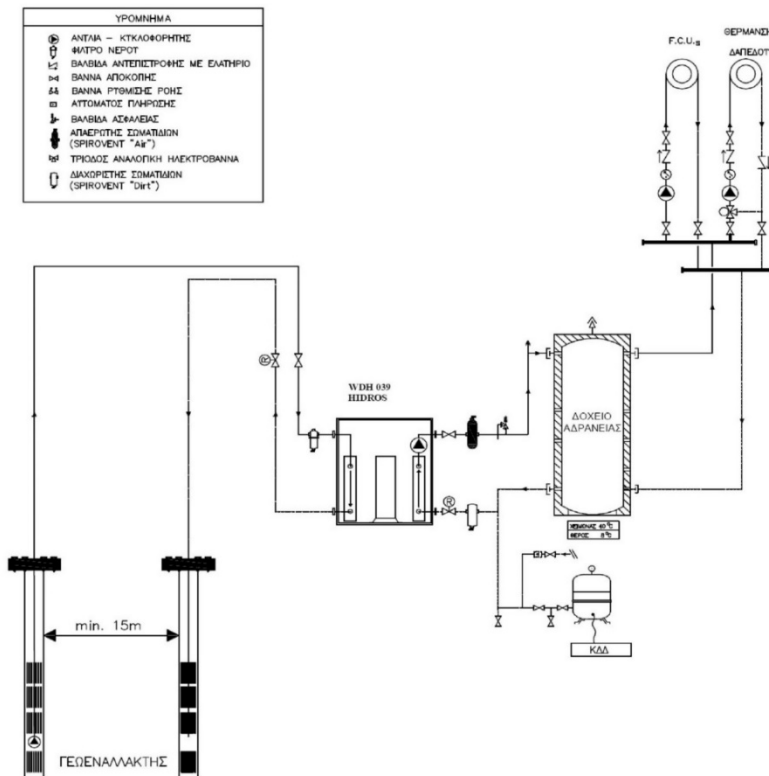
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V – ΑΝΤΙΨΥΚΤΙΚΟΥ

---

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ**

<b>α/α</b>	<b>Περιγραφή εργασιών (υλικά και εργασία)</b>	<b>Ποσότητα (τεμ./m)</b>	<b>Τιμή μονάδος</b>	<b>Σύνολο</b>
1	Γεωτρήσεις άντλησης και επανεισαγωγής 100 m (Διάνοξη, σωλήνωση, χαλίκωση, ανάπτυξη γεώτρησης)	2	11.000,00 €	22.000,00 €
2	Γεωθερμική αντλίας Hidros θερμότητας WDH 039/RV	2	13.000,00 €	26.000,00 €
3	Δοχείο αδράνειας 500 λίτρων	2	550,00 €	1.100,00 €
4	Υποβρύχια αντλία Grundfos SP - 17 20	1	3.500,00 €	3.500,00 €
5	Κυκλοφορητής Grundfos 32-80 με ρακόρ για ενδοδαπέδιο σύστημα	2	1.000,00 €	2.000,00 €
6	Κεντρικά δίκτυα σωληνώσεων νερού γεωτρήσεων PE	100	25,00 €	2.500,00 €
7	Αυτοματισμοί και συνδέσεις	2	500,00 €	1.000,00 €
8	Μονώσεις	2	500,00 €	1.000,00 €
9	Διαχωριστής σωματιδίων 2"	2	450,00 €	900,00 €
10	Τρίοδη Βάνα με μοτέρ on - off 2"	2	350,00 €	700,00 €
11	Τρίοδη Βάνα με μοτέρ ανάμειξης 2"	2	400,00 €	800,00 €
12	Boiler 500lt για ZNX	2	750,00 €	1.500,00 €
13	Σύστημα σύνδεσης Α/Θ με Μπόιλερ παραγωγής ζεστού νερού χρήσης	2	1.000,00 €	2.000,00 €
15	Παρελκόμενα μηχανοστασίου (χαλκός, σωληνώσεις, ρακόρ, βάνες, φίλτρα νερού, εξαεριστικά, δοχεία διαστολής, αυτόματοι πλήρωσης, βαλβίδες εξισορρόπησης, θερμομανόμετρα, βαλβίδα ασφαλείας	2	4.000,00 €	8.000,00 €
16	Εργασία	2	3.500,00 €	7.000,00 €
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>80.000 €</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ – ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΘΕ ΟΙΚΙΑΣ



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV – ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ